

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Návrh technologie vstřikování polymerních výlisků**

**Design of Polymer Injection Molding Technology**

Student:

Jan Kalousek

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2019

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Kalousek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologie vstřikování polymerních výlisků**  
**Design of Polymer Injection Molding Technology**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analýza technologií vstřikování polymerních materiálů
2. Návrh konstrukce vstřikovací formy
3. Návrh technologického postupu výroby plastového výlisku
4. Diskuse a hodnocení návrhu v kontextu konkrétní výroby

Seznam doporučené odborné literatury:


ŠTĚPEK J. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. SNTL Praha, 1988.  
KOLOUCH J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. SNTL Praha, 1986.  
ŘEHULKA, Z. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. 1. vyd. Praha: Sekurkon, 2001. 175 s. ISBN 80-902756-7-2.  
AVERY, J. *Injection Molding Alternatives*. Carl Hanser Verlag, 1998.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly na VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne .....

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Jan Kalousek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Ostrov 119, 561 22, okr. Ústí nad Orlicí

### **Poděkování**

Tímto děkuji mému vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Jiřímu Hrubému, CSc. za cenné rady a trpělivost v průběhu zpracování práce. Dále panu Václavu Šaškovi a Ing. Filipu Ambrožovi za možnost použití vstříkovací formy v bakalářské práci.

V Ostravě dne .....

.....

podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KALOUSEK, J. *Návrh technologie vstřikování polymerních výlisků: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2019, 70 s. Vedoucí práce: Hrubý, J.

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout vstřikovací formu pro polymerní výstřiky. Úvodní část práce se zabývá základním rozdělením polymerních materiálů a druhů plniv materiálu. Dále jsou definovány podmínky konstrukce polymerního výstřiku pro vstřikovací formy. Následuje rozdělení vtokových kanálů, chlazení výstřiků a jejich vyhazování z formy. Praktická část práce se zabývá detailním procesem konstrukce konkrétní vstřikovací formy – a to od zadání zákazníkem, návrhem zaformování, koncepcí formy, až po odzkoušení formy na vstřikovacím stroji. V poslední části je vyhodnocen výstřik a zjištěno, zda byly dodrženy zákazníkem zadané podmínky. Vyhodnocení je i závěrem bakalářské práce.

KALOUSEK, J. *Design of polymer injection molding technology: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical engineering, Department of Mechanical Technology, 2019, 70 p. Supervisor: Hrubý, J.

Main topic of this Bachelor thesis is design of injection mold for polymer injections. The introductory part describes the basic division of polymer materials, types of filler materials and filling additives of polymers. Then are described injection molding conditions for injection molds. This is followed by the division of injection sprues, injection mold cooling and their ejection from the mold. The practical part of bachelor thesis also includes the design of injection molds, which is elaborated into details. It describes the process from customer requirements, mold design, the concept of this tool to testing on injection molding machine. The last part evaluates the mold injection and determines whether the customer's requirements have been met. The evaluation is also the conclusion of the bachelor thesis.

# Obsah

## Seznam použitých značek a symbolů

0	Úvod.....	10
1	Cíl práce.....	12
2	Polymery.....	13
2.1	Makromolekuly.....	13
2.2	Termoplasty.....	14
2.2.1	Amorfní termoplasty.....	14
2.2.2	Semikrystalické termoplasty.....	15
2.3	Přísady do polymerů.....	16
2.3.1	Stabilizátory, plastifikátory, polymerní modifikátory, retardéry hoření.....	16
2.3.2	Koncentráty lubrikantů, antistatik a nukleačních činidel.....	16
2.3.3	Barviva, pigmenty, barevné koncentráty, optická zjasňovadla.....	16
2.3.4	Plniva – kompozitní materiály.....	16
2.3.5	Kompozitní slitiny, směsi, blendy.....	17
3	Konstrukce dílu.....	18
3.1	Tolerance dílu.....	18
3.2	Úkosy.....	18
3.3	Tloušťky stěn.....	19
3.4	Zaoblení hran a rohů.....	20
3.5	Žebra.....	20
3.6	Otvory a drážky.....	21
4	Konstrukce formy.....	22
4.1	Úprava dílu.....	22
4.2	Smrštění.....	22
4.3	Násobnost formy.....	23
4.4	Vtoková soustava.....	23
4.4.1	Studené vtokové systémy.....	23
4.4.2	Horké vtokové systémy.....	26
4.5	Odvzdušnění.....	27
4.6	Chlazení.....	28
4.7	Odformování výrobku.....	29
4.7.1	Boční jádra.....	29
4.7.2	Vyhození dílu.....	30

4.8 Rám.....	32
5 Vstřikovací stroj.....	33
5.1 Upínání vstřikovací formy.....	34
5.2 Pohon vstřikovacího stroje.....	35
5.3 Umístění vstřikovací jednotky.....	35
5.4 Vstřikovací cyklus.....	36
Praktická část.....	37
6 Konstrukce vstřikovací formy.....	38
6.1 Problematika vstřikovaného dílu.....	38
6.1.1 Materiál a smrštění.....	39
6.1.2 Tolerance dílu.....	39
6.1.3 Vtok.....	41
6.1.4 Formovací úkosy.....	41
6.2 Zaformování.....	43
6.2.1 Dělicí roviny.....	43
6.2.2 Vyhození dílu.....	45
6.2.3 Formovací vložky.....	46
6.2.4 Boční jádra.....	48
6.2.5 Rozvrhnutí místa ve formě.....	51
6.2.6 Horký systém.....	52
6.2.7 Chlazení.....	53
6.2.8 Odvzdušnění.....	53
6.3 Rám.....	54
6.3.1 Umístění zaformování.....	56
6.3.2 Vyhození dílu.....	57
6.3.3 Chlazení.....	59
6.3.4 Servis horkého systému.....	60
6.3.5 Upnutí na vstřikovací stroj.....	61
7 Technologický postup vstřikování.....	62
8 Závěr.....	64
9 Seznam použitých zdrojů.....	65
Seznam obrázků.....	67
Seznam tabulek.....	70



## Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin

PC	Polykarbonát
PS	Polystyren
PES	Polyétersulfon
PA	Polyamid
PP	Polypropylen
PPS	Polyfenylensulfid
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PMMA	Polymethylmethakrylát
PVC	Polyvinylchlorid
PE	Polyethylen
PPO	Polyfenylenoxid
POM	Polyoxymetylén
PETP	Polyethylene Terephthalate Polyester
SAN	Styrene acrylonitrile resin
GF	Glass filled – obsah skla
C	Uhlík
H	Vodík
Ra	střední aritmetická úchylka profilu
Rz	výška nerovnosti profilu určená z 10 bodů
nm	nanometr
μm	mikrometr
Tg	Teplota skelného přechodu
Tm	Teplota taveniny
Tf	Teplota tečení
IT	Třída přesnosti
HRc	Zkouška tvrdosti podle Rockwella diamantovým kuželem

## 0 Úvod

Bakalářská práce vznikla za pomoci společnosti fortell s. r. o., kde se forma konstruovala, vyráběla a zkoušela. A za pomoci firmy ARaymond Jablonec s. r. o., která formu zadávala a kde forma bude následně i vstříkovat.

Společnost fortell s. r. o. (obr. 1) sídlí v Lanškrouně v Pardubickém kraji. Vznikla v roce 1995 jako konstrukční a obchodní kancelář. Později, se rozrostla o lisovnu kovových dílů, nástrojárnu a vstřikovnu plastových dílů. V současné době se firma zabývá vývojem, konstrukcí a výrobou vstřikovacích forem, lisovacích nástrojů, vstřikování plastů a lisování kovů [1].



*Obr. 1 – fortel s.r.o. [1]*

Firma ARaymond Jablonec s. r. o. (obr. 2) sídlí v Jablonci nad Nisou v Libereckém kraji. Vznikla v roce 1994 jako pobočka společnosti ARaymond, která má 150 letou historii. Vznikla ve Francii a nyní sídlí po celém světě. Firma ARaymond Jablonec s. r. o. se zabývá návrhem plastových výstřiků a vstřikováním plastů. Převážně se zabývá díly pro automobilový průmysl [2].



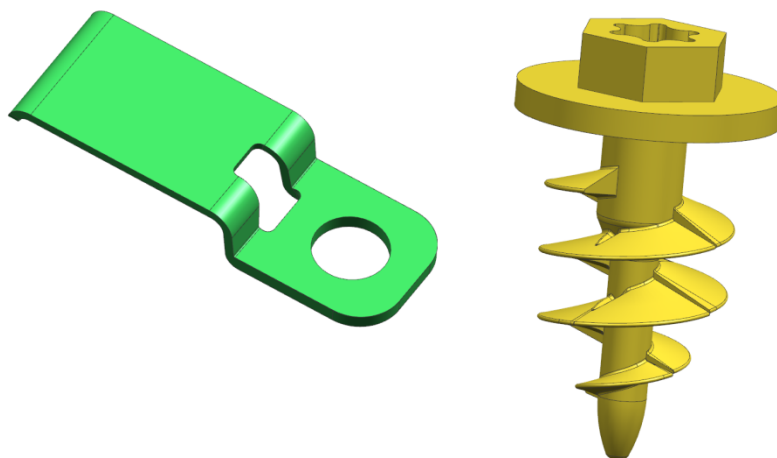
*Obr. 2 – ARaymond Jablonec s.r.o. [2]*

Plastové výrobky patří do našeho každodenního života. Díky jejich levné a rychlé výrobě nahrazují mnoho dílů, které se doposud vyráběly z kovu, keramiky nebo dřeva. Velké uplatnění nacházejí v automobilovém průmyslu, elektrotechnice, potravinářství i medicíně. Mnoho plastů je recyklovatelných. Tím snižují dopad na životní prostředí.

Mezi technologie na výrobu plastových dílů patří vstřikování, vyfukování, lisování nebo vytlačování. U dílů, které jsou konstrukčně složitější, převládá technologie vstřikování. Pro každý vstřikovaný díl musí být vyrobena vstřikovací forma. Vstřikované díly se montují do sestav a tvoří celek. Méně dílů v sestavě zmenšuje riziko zpoždění výroby forem. Proto se objevují díly v sestavě, které se dají vstřikovat v jedné vstřikovací formě.

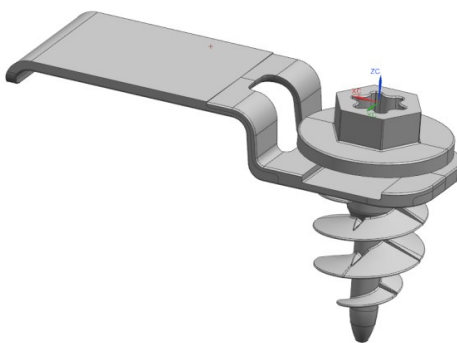
## 1 Cíl práce

Cílem práce je zjednodušení polymerního dílu tak, že se ze dvou dílů udělá jeden. V předchozí variantě se používal šroub a držák trubky (obr. 3). To zákazníkovi nevyhovovalo z důvodu, protože musel mít dvě vstřikovací formy a volnou kapacitu na dvou vstřikovacích lisech. Proto zákazník navrhl díl, ve kterém by se vstřikoval šroub i držák trubky najednou (obr. 4). Tím se značně zkrátí vstřikovací dávky, uspoří se volná kapacita stroje a zkrátí se čas na montáž dílu.



*Obr. 3 – Držák trubky a šroub*

V první části si díl upravíme tak, aby byl vyrobitelný. Dále si určíme vtok a vhodně zvolíme dělicí roviny, umístění vyhazovačů, návrh rozmístění dílů dle zadání a specifikace lisu. Poté navrhne chlazení, posuvné jezdce a celkové zaformování vložíme do rámu formy. Po zhotovení sestavy uděláme výkresovou dokumentaci. V poslední fázi vyrobenou formu otestujeme na vstřikovacím stroji a vyhodnotíme zadání se skutečným dílem.



*Obr. 4 – Držák trubky se šroubem*

## 2 Polymery

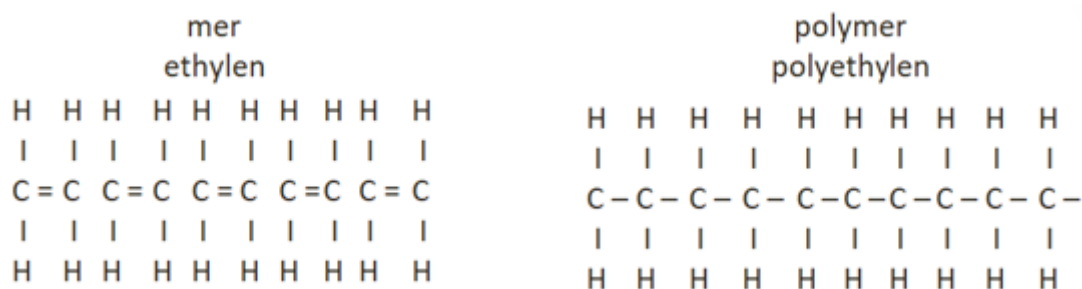
Plast je tvořen ze syntetických, polosyntetických a přírodních materiálů, jako jsou ropa, uhlí či škroby. Na rozdíl od kovů nemají tvořenou strukturu krystalickými mřížkami, ale makromolekulárními řetězci. Dělíme je na dva základní materiály:

- Reaktoplasty se tváří za působení teploty a tlaku. Při tomto tváření dochází k vytvoření trojrozměrné sítě a plast se vytvrdí (zesítuje). U řetězců, které jsou velmi ohebné, nastává zesítování vulkanizací. Materiály se při vulkanizaci převedou na pryž a říkáme jim elastomery. Reaktoplasty mají jednu velkou nevýhodu, a to, že nejsou recyklovatelné [3] [4].
- Termoplasty mají nezesítované lineární a rozvětvené polymery. Nejčastěji se zpracovávají vstřikováním tak, že se dávka polymeru plastikuje ve vstřikovacím lise. Teplotou se převede do viskózního stavu a tlakem se vstříkne do dutiny formy, kde se ochladí [3] [4].

Reaktoplasty i termoplasty se nesmí nadměrně ohřát, jinak se poruší jejich chemické vazby a dojde k degradaci materiálu. Takto degradovaný materiál se dále nedá použít. U termoplastů zpracovávaných vstřikováním si musíme dát pozor i na smykové tření, které materiál může také přehřát. Toto tření je nejčastěji způsobené ostrými rohy [4].

### 2.1 Makromolekuly

Všechny syntézou vzniklé polymery tvoří makromolekuly, které vznikají z řetězců merů (obr. 5). Základní jednotkou polymeru je mer. Makromolekuly mají různé struktury a délky řetězců. Dělíme je na nezesítované lineární, nezesítované rozvětvené a síťované. Obecně platí, že čím delší molekula, tím se zlepšují mechanické vlastnosti. Materiál má vyšší teplotu tání, ale zvyšuje se viskozita, to znamená, že materiál hůře teče a musí se tomu přizpůsobit parametry lisu, tj. vyšší vstřikovací tlak = vyšší uzavírací síla [3] [4].



Obr. 5 – Rozdíl mezi merem a polymerem

## 2.2 Termoplasty

Termoplasty dělíme podle délky a typu řetězce s jedním druhem polymeru na homopolymery, nebo s více druhy na kopolymery. Dále je dělíme podle vnitřní struktury na amorfnní a semikrystalické. Skupiny amorfnních a semikrystalických se od sebe liší vlastnostmi i technologií zpracování. Musíme je od sebe oddělovat i při konstrukci formy [3] [4] [5].

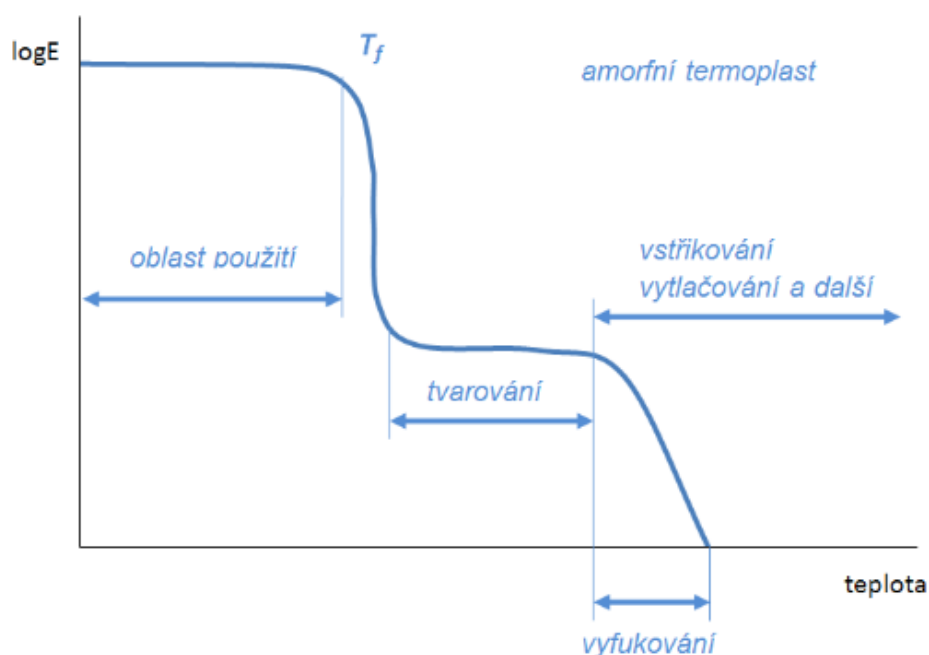
### 2.2.1 Amorfnní termoplasty

Amorfnní materiály mají řetězce prostorově neuspořádané, tím pádem materiál může být čirý a má menší smrštění než semikrystalické materiály (obr. 6).



Obr. 6 – Amorfnní struktura termoplastu [6]

Dále se vyznačují tím, že nemají bod tavení (obr. 7). Plast při zahřívání postupně měkne. Při vstřikování je potřeba delší doba chlazení, ale stačí kratší dotlak. To se projevuje i na konstrukci vtoku, kdy nepotřebujeme silné průměry kanálů a vtokové ústí může být delší. Mezi amorfnní materiály patří např. PC, PS, PES [4] [5].

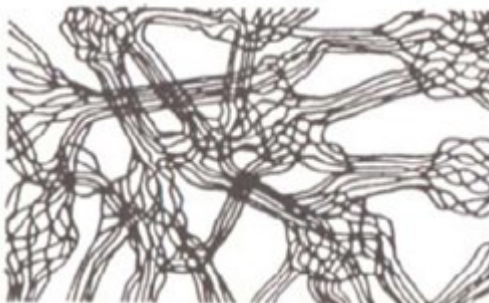


Obr. 7 – Oblast použití amorfnního polymeru [6]



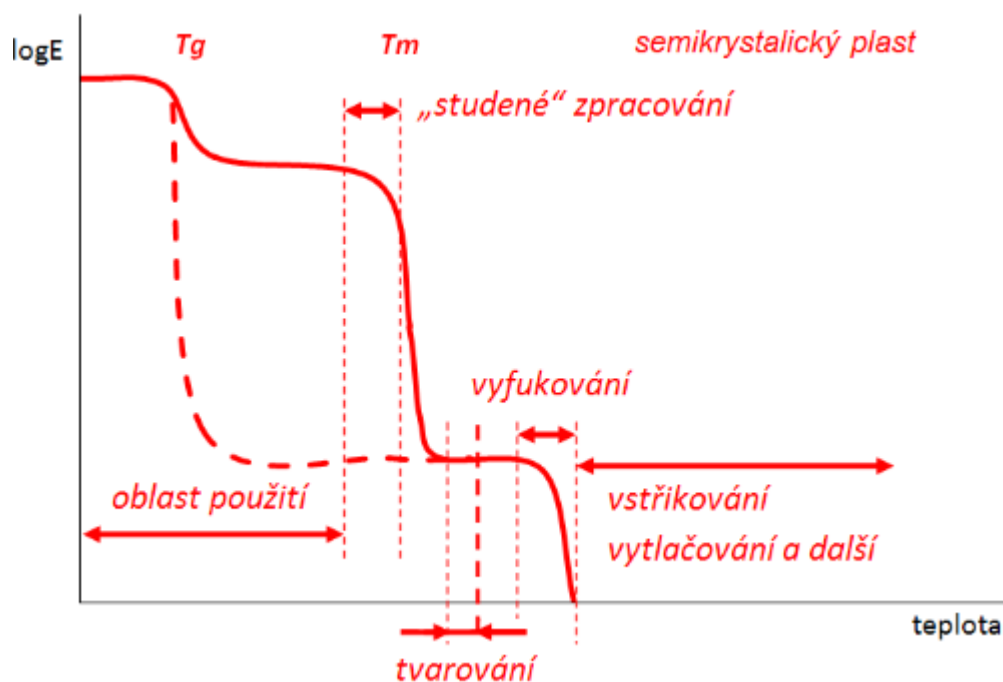
### 2.2.2 Semikrystalické termoplasty

Semikrystalický materiál má většinu řetězců uspořádaných pravidelně těsně vedle sebe, tím pádem nemůže být čirý a má větší smrštění (obr. 8). Zbytek řetězců je amorfních [4].



Obr. 8 – Semikrystalická struktura termoplastu [6]

Dále se vyznačují ostrým bodem tavení (obr. 9). Při vstřikování vyžadují kratší dobu chlazení, ale potřebují dlouhý dotlak. To se projevuje i na konstrukci vtoku, kdy potřebujeme silné průměry kanálů a vtokové ústí co nejkratší. Mezi semikrystalické materiály patří např. PA, PP, PPS [4] [5].



Obr. 9 – Oblast použití amorfního polymeru [6]

## 2.3 Přísady do polymerů

Vlastnosti polymerů se dají výrazně ovlivnit vlivem přísad – aditivy. Většina polymerů se bez vlivu přísad nedá vstříkovat [3]. Máme několik typů přísad:

### 2.3.1 Stabilizátory, plastifikátory, polymerní modifikátory, retardéry hoření

- Termooxidační stabilizátory – zabraňují termooxidačnímu stárnutí, slouží ke stabilizaci vstřikovacího cyklu.
- UV stabilizátory – pohlcují sluneční záření, které degraduje vstřikovaný díl, a tím prodlužuje jeho životnost [3].
- Plastifikátory – používají se u PVC. Slouží k změkčení ochlazeného dílu. Díly mají menší tuhost a tvrdost, ale vyšší houževnatost a tažnost [3].
- Polymerní modifikátory – vytváří se základním polymerem směsí, a tím velmi ovlivňují jeho vlastnosti [3].
- Retardéry hoření snižují hořlavost termoplastů. Jsou účinné při vyšších koncentracích 5 - 30% hm. Proto se hůře zpracovávají. Hodně se používají v elektroprůmyslu [3].

### 2.3.2 Koncentráty lubrikantů, antistatik a nukleačních činidel

- Lubrikanty – slouží jako maziva, tím zlepšují tečení, odformování a lesk vstřikovaného dílu.
- Nukleační činidla – zvyšují transparentnost a rychlost krystalizace.
- Antistatika – pomáhají snížit vznik nechtěného elektrostatického náboje. Jsou důležité pro díly, které se pokovují [3].

### 2.3.3 Barviva, pigmenty, barevné koncentráty, optická zjasňovadla

- Barviva a pigmenty dávají polymerním materiálům barevný odstín.
- Barevné koncentráty se dávají přímo na vstřikovacím lise k neobarvenému materiálu.
- Optická zjasňovadla zlepšují bílou barvu, bez zjasňovadel je díl zažloutlý [3].

### 2.3.4 Plniva – kompozitní materiály

Materiály s plnivem nazýváme kompozitní materiály. Ty vznikají ze dvou nebo více zcela odlišných materiálů. Plnivo se většinou používá jako výztuž a polymer s aditivou slouží jako pojivo. Plniva se používají u dílů, které jsou mechanicky namáhány [3].

- Plniva částicová, neboli minerální plniva, mají různé velikosti a tvary částic. Zmenšují smrštění z důvodu menšího obsahu polymeru. Obsah



plniva může být až 60%. Zlepšují tvrdost, tuhost a tepelnou odolnost. Jako plniva se používá např. grafit, uhlíková vlákna, kovová vlákna, talek, koks nebo saze. Mezi nevýhody patří vyšší opotřebení vstřikovacího stroje i formy a zhoršují tekutost taveniny (zvyšují viskozitu). Velikost částic je 2-30 $\mu$ m [3].

- Plniva vyztužující zvyšují pevnost, tuhost a tvarovou stálost. Zmenšují ohebnost, tažnost, kluzné vlastnosti a smrštění z důvodu menšího obsahu polymeru. Obsah plniva může být od 5% do 60%. Vyztužující plniva mají nejčastěji vláknitou strukturu, a proto hodně ovlivňují anizotropii smrštění. (větší rozdíl mezi podélným a příčným smrštěním). Při konstrukci musíme dbát na správně zvolené umístění vtoku a tvar vtoku, aby se vlákna zbytečně nelámala a byla co nejvíce orientována v jednom směru. Velikost vláken je 0,1-10mm [3].
- Nanoplňniva jsou oproti částicovým nebo vyztužujícím velmi malá – 1nm. Díky tomu se pevně spojí molekuly termoplastické matrice s plnivem. Zlepšují mechanické vlastnosti, nerozpustnost a odolnost vůči chemikáliím [3].

#### **2.3.5 Kompozitní slitiny, směsi, blendy**

- Jsou smíchány dva různé polymerní materiály a do vzniklé směsi by si každý materiál měl vzít jen to lepší ze svých vlastností. Tím můžeme materiály lépe přizpůsobovat potřebným vlastnostem [3].

### 3 Konstrukce dílu

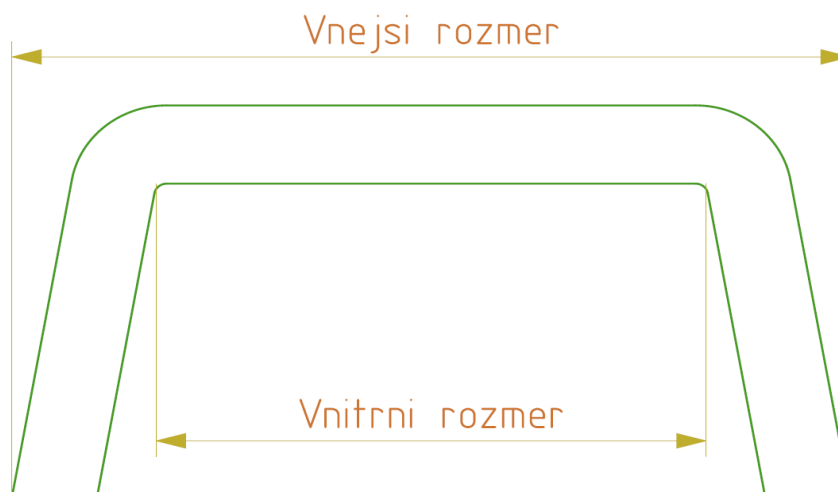
Při konstrukci plastového dílu platí úplně jiné zásady než při konstrukci kovového dílu. Pokud máme dobrou konstrukci vstřikovací formy a optimální technologii výroby, ale špatně navrhnutý díl, nevyhneme se problémům ve výrobě. Proto by měl konstruktér dílu znát funkci dílu, zásady pro konstrukci formy a technologii vstřikování, aby navrhl díl, který bude optimální pro všechny operace a bude splňovat funkčnost. Všeobecně platí, že díl by měl být co nejjednodušší [5] [7]. Zásady pro konstrukci dílů z termoplastů si projdeme v následujících podkapitolách.

#### 3.1 Tolerance dílu

Tolerance dílu se stanovují s ohledem na zvolený materiál a na potřeby funkčnosti dílu. Tolerance bychom neměli zbytečně upřesňovat, abychom neprodražovali výrobu. Obvykle se na tolerované rozměry používá norma ČSN 014265, a pro netolerované ČSN 640006. Pro běžné rozměry se pohybuje tolerance v třídě od IT 12-15. Pro přesné rozměry od IT 9-10 [4].

#### 3.2 Úkosy

Pro správně fungující formu nebo dodržení požadovaného povrchu musíme na dílu počítat s úkosy (tab. 1), které se ale nezapočítávají do tolerancí. Obecně platí, že vnitřní rozměry jsou minimální a vnější maximální (obr. 10). Na vstřikovací stranu obvykle dáváme úkosy větší než na vyhazovací z důvodu udržení dílu na vyhazovací straně. Je dobré se vyhnout podkosům, pokud nejsou nezbytně nutné [4] [7].



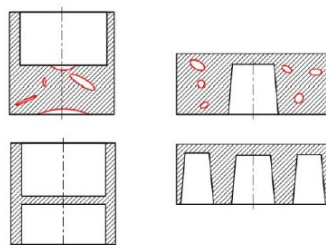
Obr. 10 – Směry úkosů pro zachování rozměrů [4]

Tab. 1 – Doporučené úkosy pro dodržení požadovaného povrchu [4]

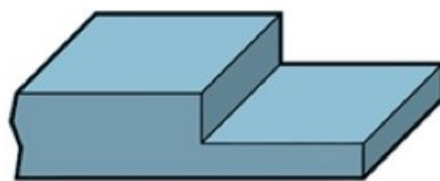
Povrch dle VDI 3400/..	Drsnost Ra (μm)	Drsnost ≈ Rz(μm)	Min. formovací úkos (°)		
			PA	PC	ABS
12	0,40	1,5	0,5	1,0	0,5
15	0,56	2,4	0,5	1,0	0,5
18	0,80	3,3	0,5	1,0	0,5
21	1,12	4,7	0,5	1,0	0,5
24	1,60	6,5	0,5	1,5	1,0
27	2,24	10,5	1,0	2,0	1,5
30	3,15	12,5	1,5	2,0	2,0
33	4,50	17,5	2,0	3,0	2,5
36	6,30	24,0	2,5	4,0	3,0
39	9,00	34,0	3,0	5,0	4,0
42	12,50	48,0	4,0	6,0	5,0
45	18,00	69,0	5,0	7,0	6,0

### 3.3 Tloušťky stěn

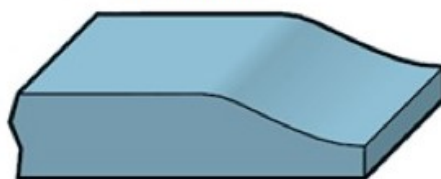
Optimální díl by měl mít stejnou sílu stěn. V praxi se místům, kde je silnější nebo slabší stěna, nedá vyhnout. Tento problém můžeme zmenšit tím, že uděláme odlehčení (obr. 11) nebo plynulý přechod mezi silnější a slabší stěnou, abychom omezili vznik lunek (vnitřních vztaženin) a propadlin (obr. 12). Měli bychom se vyhnout ostrým hranám. Žebrování nebo boční stěny nemají mít tloušťku větší než 0,8 násobek hlavní stěny [4] [7].



Obr. 11 – Díly s pravděpodobností tvoření lunek a propadů, upravené díly [4]



Špatné provedení  
Správné provedení

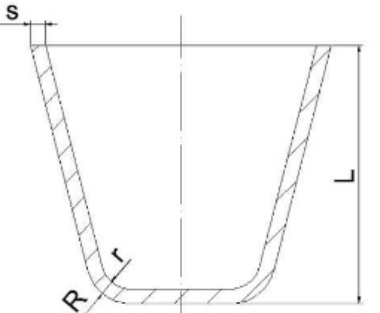


Obr. 12 – Přechod rozdílné síly stěn [8]

### 3.4 Zaoblení hran a rohů

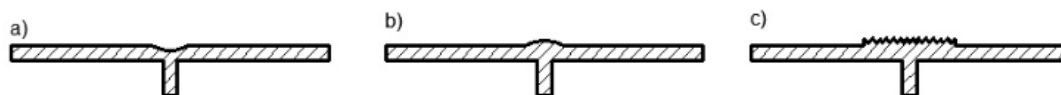
Pro co nejlepší usnadnění toku taveniny, zabránění tvoření propadů a materiálu degradovat vlivem vysoké smykové rychlosti se zaoblují hrany a rohy (tab. 2). Ostré přechody mají za následek vyšší vstřikovací tlaky [4] [7].

Tab. 2 – Doporučené poloměry hran a rohů [4]

Minimální poloměr			Doporučený poloměr		
Plast	r	R		l	r
Plněné PA, PC	1,5	r + s		>50	1,6
PS, PC, PMMA, PVC	0,6-1	r + s		50-100	2,5
PE, PP, PPO, POM, PETP, PA, ABS, SAN,	0,5	r + s		100-150	4
				150-200	5
				200-250	6
				250-300	8
				300-400	12
			400-500	20	

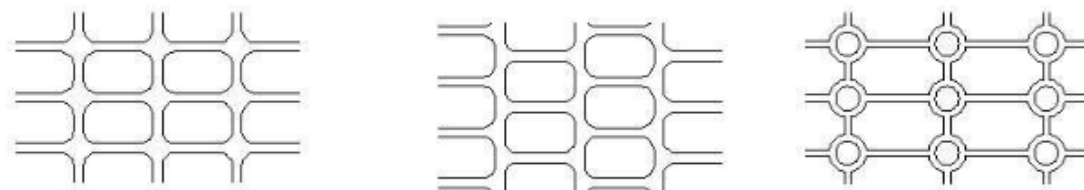
### 3.5 Žebra

V místě, kde se napojují žebra se stěnou dílu, může vzniknout viditelná stopa. Ta se dá odstranit buď vhodným povrchem na stěnu, kde propadlina vzniká, nebo korekcí stěny (obr. 13) [4].



Obr. 13 – Způsoby odstranění propadlin v místě napojení žebra [4]

Žebrování by nemělo mít tloušťku větší než 0,8 násobek hlavní stěny. Vždy je lepší větší počet menších žebírek než menší počet větších žebírek. Obvykle se vzdálenost mezi žebry dává 5-10 násobek tloušťky stěny (obr. 14) [4].



Obr. 14 – Některé typy uspořádání žebírek [4]

### **3.6 Otvory a drážky**

Musíme brát v úvahu, že za každým otvorem vždy vznikne studený spoj. Proto bychom měli díl navrhnout tak, abychom se spojem počítali a místo příliš nezatěžovali. Studený spoj můžeme odstranit otevřenou drážkou až ke kraji dílu. Dále místo studeného spoje můžeme posunout mimo nejkritičtější oblast vhodným umístěním vtoku. [4] [7].

## 4 Konstrukce formy

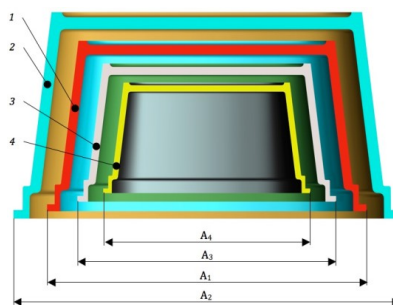
Forma – nástroj, který určuje výsledný tvar, množství a kvalitu výrobku po ochlazení plastické taveniny, která se přivádí vstříknutím tryskou do dutiny formy na vstřikovacím stroji. Pro konstrukci formy potřebujeme základní podklady, bez kterých bychom s konstrukcí neměli začínat. Mezi základní podklady patří výkres nebo model dílu. Dále objem dílu, materiál, ze kterého budeme vstřikovat, počet kusů celkem, ze kterého se určí násobnost formy a jako poslední musíme znát vstřikovací lis, abychom věděli maximální rozměry vstřikovací formy a maximální objem vstřikovací dávky stroje. Násobnost se také upravuje složitostí formy. Forma musí splňovat maximální tuhost, vysokou přesnost, správnou funkčnost a optimální životnost [4].

### 4.1 Úprava dílu

Jako první bychom se měli seznámit s výkresem, jeho součástmi, tolerancemi a požadovaným povrchem dílu. Dodělat formovací úkosy a případně odstranit zbytečné části, které by prodražovaly výrobu. Na modelu bychom si měli projít tloušťky stěn a odstranit ostré hrany a rohy, abychom předešli pnutí a obtížnějšímu plnění dutiny. Takto upravený díl musíme poslat zákazníkovi ke schválení [4].

### 4.2 Smrštění

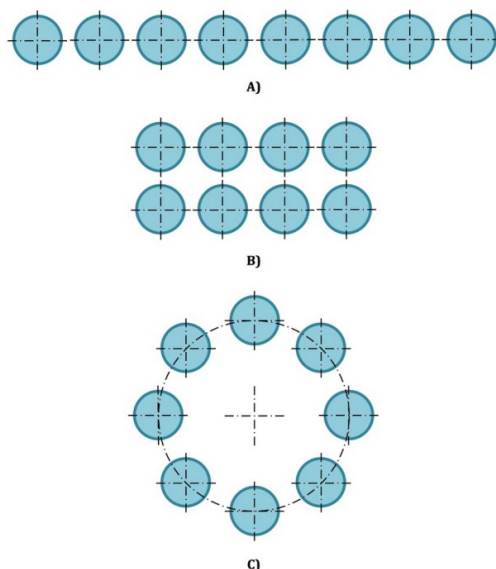
Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny a skutečným rozměrem značená v % (obr. 15). Smrštění má dvě fáze. Fázi krátkodobou, která se smrští ihned po vystříknutí a ochlazení dílu a fází dlouhodobou, která probíhá 24 hodin a déle. Rozhodnutí, jakou hodnotu smrštění použít, vždy záleží na určitém dílu a použitém materiálu, protože většinou má konstruktér zjištěné pouze hodnoty podle normy ISO 294-4, tedy podle hodnot zjištěných na zkušebním tělese se silou stěny 2 mm. U materiálů plněných sklem také hraje velkou roli orientace vláken, proto musíme dbát na správné umístění vtoku [3] [4].



Obr. 15 – Smrštění 1) dutina vstřikovací formy o teplotě 20°C, 2) dutina vstřikovací formy o teplotě 60°C, 3) Vstříknutý díl ihned po vyjmutí z dutiny formy, 4) Vstříknutý díl po 24 hodinách [6]

### 4.3 Násobnost formy

Násobnost formy se určuje podle požadovaného množství, objemu maximální vstřikovací dávky stroje, složitosti zaformování a charakteru přesnosti dílu. V jednonásobných formách se obvykle vyrábí velmi složité díly, prototypové díly nebo díly s vtokem přímo do dílu. V malých sériích se studeným vtokem se stále více vyplatí udělat formu dvojnásobnou. Je lépe vyvážená a má menší vtokový zbytek [4]. Některé typy rozmístění dutin (obr. 16).



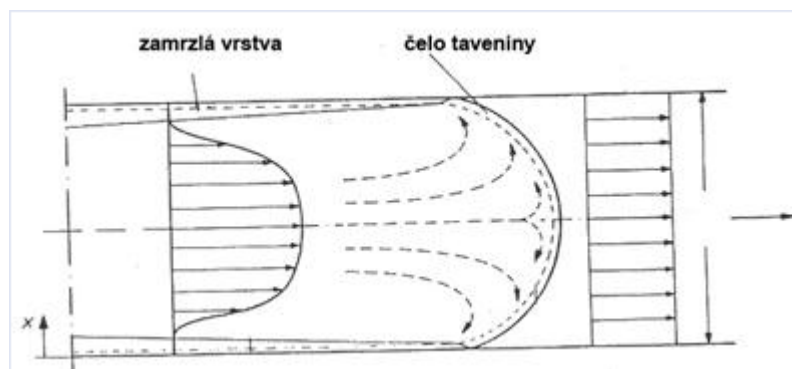
Obr. 16 – Umístění dutin A) v řadě, B) v rastru, C) v kruhu [8]

### 4.4 Vtoková soustava

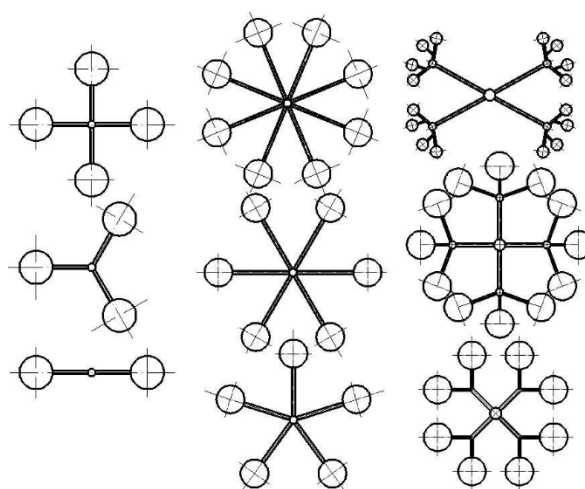
Vtoková soustava slouží k dopravení roztaveného plastu ze vstřikovací jednotky do dutiny formy. Probíhá za vysoké teploty, tlaku a v co nejrychlejším možném čase. Vtokový systém rozdělujeme na studený, horký a na kombinaci horkého a studeného. Na konci vtokového kanálu se vždy nachází ústí vtoku do dutiny formy, které se většinou při vyhození dílu z formy oddělí od dílu [4].

#### 4.4.1 Studené vtokové systémy

Uspořádání vtokového systému je dáno násobností formy. Skládá se z vtokového kanálu, vtokového ústí, přidržovače vtoku a zachytávače studeného čela taveniny. Obecně platí, že vtoková soustava by měla být vyvážená a délka kanálů by měla být co nejkratší, protože průtokem taveniny vtokovým kanálem její viskozita na vnějším povrchu roste. Je to způsobeno tím, že vstřikovací forma je oproti tavenině studená, což má za následek chladnutí taveniny na stěnách kanálu (obr. 17). Aktivní tok zůstává uprostřed kanálu [4] [5]. Některé typy rozmístění vtokových soustav (obr. 18).

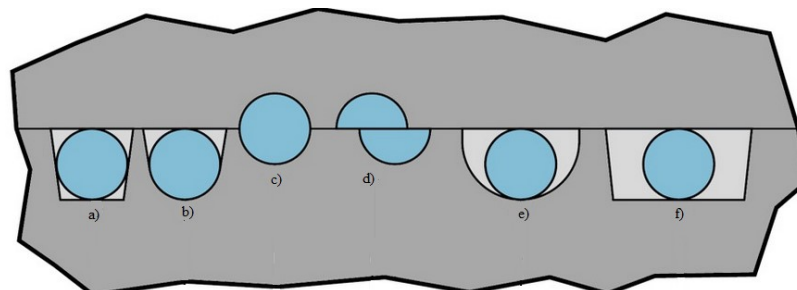


Obr. 17 – Laminární tok taveniny plastů [6]



Obr. 18 – Rozložení vtokových soustav [6]

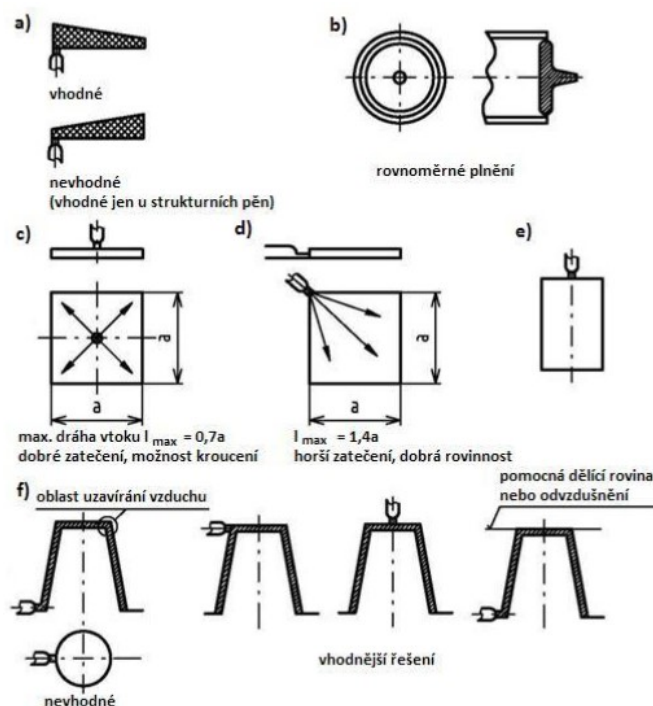
- Vtokový kanál má různé tvary (obr. 19). Tavenina ale proudí kruhovým průřezem, z toho plyne, že kruhový průřez kanálu je nejefektivnější. Síla kanálu se určuje podle síly stěny dílu plus 1 mm. Pokud se kanál větví, je každá hlavní větev na průměru větší o 0,5 mm. Při výrobě je potřeba se vyvarovat ostrým hranám [5].



Obr. 19 – Tvary vtokových kanálů a), b), c) vhodné průřezy d), e), f) nevhodné průřezy [8]



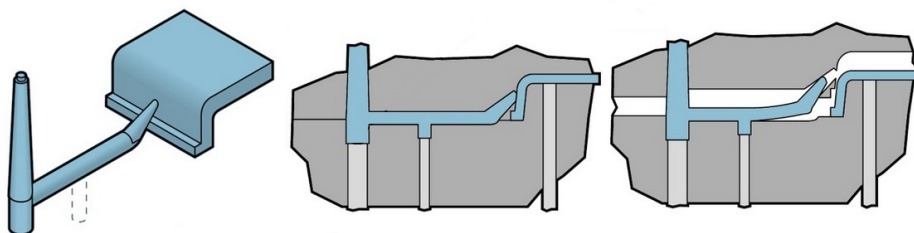
- Zachytávač studeného čela taveniny zabraňuje vniknout studenému čelu taveniny do dutiny formy, a tím pomáhá dodržet neměnný průběh plnění [4].
- Vtokové ústí slouží pro přestup taveniny z vtokového kanálu do dutiny formy. Pokud je to možné, vtok umístíme do nejsilnější stěny dílu nebo do místa, které zaručí nejrovnoměrnější plnění dílu (obr. 20) [4] [7].



Obr. 20 – Umístění vtokového ústí [4]

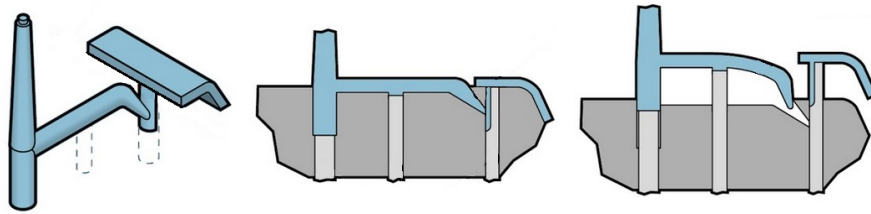
Bodový vtok se při otevírání formy od dílu odtrhne. Stopa po bodovém vtoku je velmi malá. Je vhodný pro tekutější materiály, tenkostěnné díly a více násobné vtoky. Pro bodový vtok potřebujeme třídeskovou formu. V dnešní době je stále více nahrazován horkými vtoky [7].

Tunelový vtok je nejpoužívanější a je umístěn z boku dílce. Máme dva druhy. Prvním je oddělování při otevření formy, které je výhodné, když nemáme velký zdvih pro vyhození dílu (obr. 21) [7].



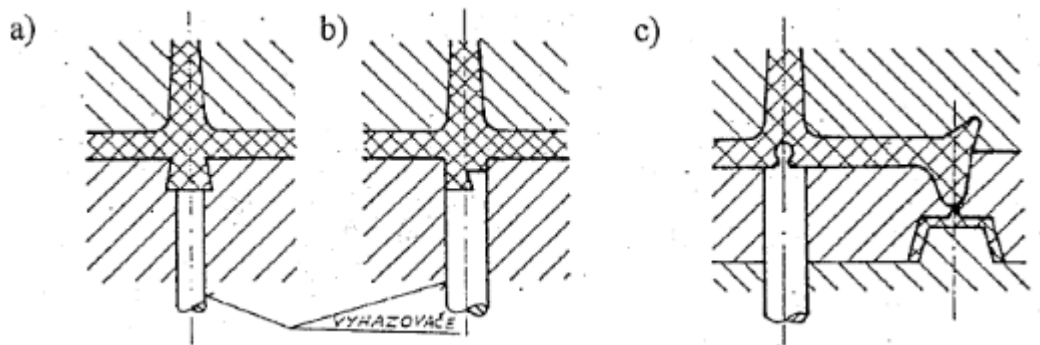
Obr. 21 – Tunelový vtok – oddělování při otevření formy [8]

Druhým je oddělování při vyhození dílu, které je výhodné, když je potřeba díl udržet co nejvíce na vyhazovací straně (obr. 22) [7].



Obr. 22 – Tunelový vtok – oddělování při otevření formy [8]

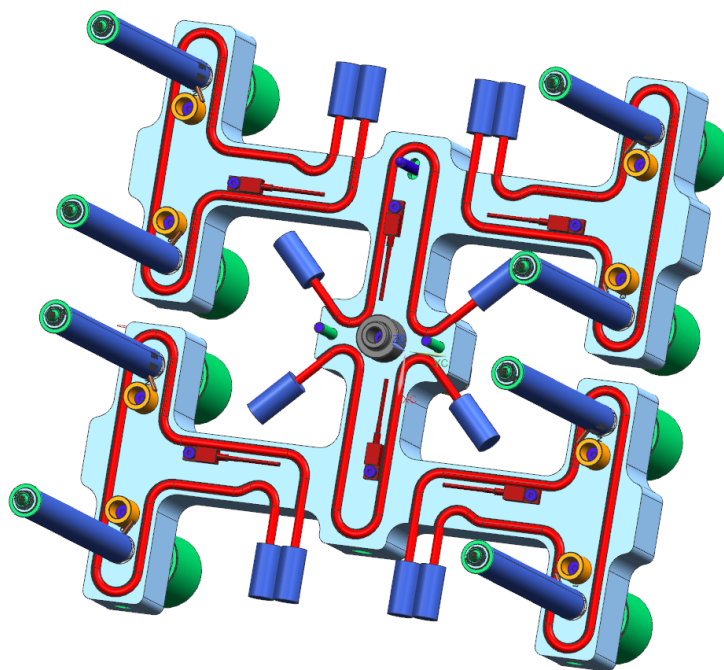
- Přidržovač vtoku slouží k tomu, aby vtok při otevření formy nezůstal na vstřikovací straně. Toho lze docílit tím, že se vyrobí negativní úhel na vyhazovači nebo vložce (obr. 23) [7].



Obr. 23 – Přidržovače vtoku a) vhodný pro většinu operací, b) vhodný pro křehké materiály, c) vhodný pro bodové vtoky [4]

#### 4.4.2 Horké vtokové systémy

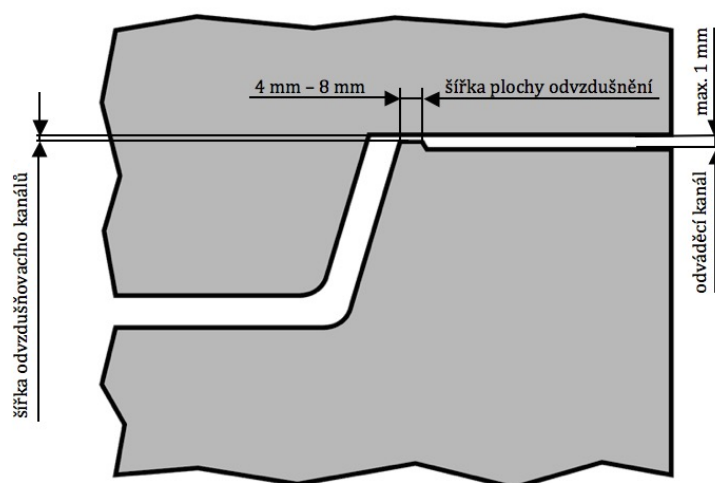
Používají se hlavně při velkosériové výrobě, velkých násobnostech forem, nebo když je vstřikovaný materiál velmi drahý (obr. 24). Zkracuje výrobní cyklus. Vstřikovat můžeme přímo do dílu, čímž nám nevzniká žádný odpad, nebo do studeného vtoku. Vstřikování do studeného vtoku je z hlediska technologie nejlepší varianta, protože studené čelo nebo přepálený materiál zachytí zachytávač a nepokračuje do dílu. Horké systémy se používají s otevřenou tryskou a uzavíratelnou jehlou. Uzavření horké trysky se používá z toho důvodu, aby při oddělení vtoku od trysky nevznikaly slabé nitě, které se hromadí v dělicí rovině [4] [7].



Obr. 24 – Horký vtokový systém s pneumatickým uzavíráním jehel [9]

#### 4.5 Odvzdušnění

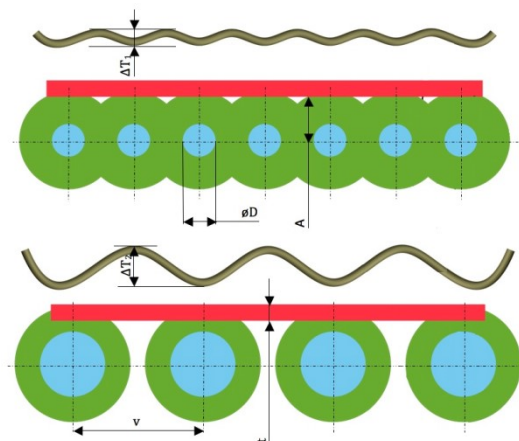
Odvzdušnění je velmi důležité. Slouží k úniku vzduchu z dutiny formy, když je plněna taveninou. Pokud by na formě chybělo, došlo by při plnění formy ke kompresi vzduchu, jeho zahřátí a vzplanutí. To má za následek spáleniny na koncích dílu. Tomuto jevu se říká dieselův efekt. Neodvzdušněná forma se hůře plní a na dílech jsou viditelnější studené spoje. Mezera pro přepuštění vzduchu do odvzdušňovacího kanálu se liší podle druhu materiálu (obr. 25) [4].



Obr. 25 – Odvzdušňovací kanál [8]

## 4.6 Chlazení

Chlazení, temperance, ve vstřikovací formě slouží k ochlazení dílu na teplotu, při níž může být vyhozen z formy. Pro rovnoměrnější chlazení je lepší větší počet menších kanálů než jeden velký (obr. 26).



Obr. 26 – Porovnání temperačních kanálů [8]

Pokud potřebujeme různé okruhy chladit rozdílnou teplotou, neměl by tento rozdíl být větší než 30°C, aby nedošlo k zadírání formy. Chladí se v uzavřeném nebo otevřeném systému vodou, olejem a vodní párou. Chladicí médium by mělo mít turbulentní proudění.

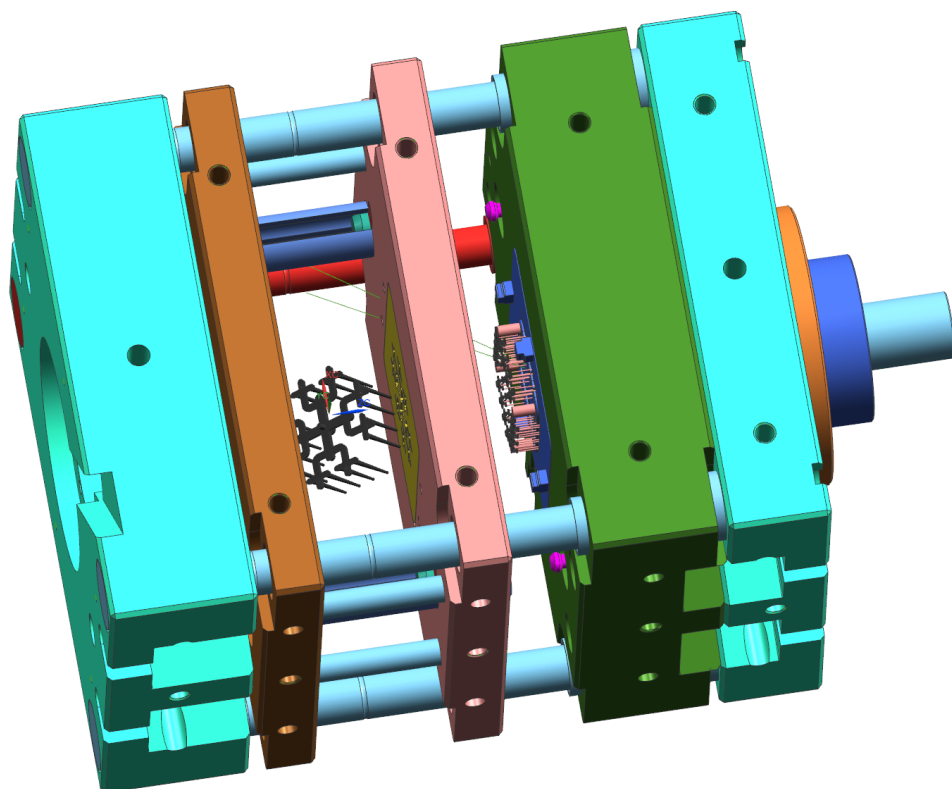
Chladit vodou můžeme bez tlaku do teploty 95 °C. Pro chlazení vyšší teplotou musíme chladit tlakovou temperační jednotkou. Počet okruhů se určuje tak, že rozdíl teplot na vstupu a výstupu by neměl být u amorfních materiálů větší než 4°C a u semikrystalických materiálů 8 °C. Doporučené teploty taveniny, teploty temperace formy a teploty pro vyhození dílu z formy v (tab. 3) [3].

Tab. 3 – Doporučené teploty taveniny, temperace formy a teploty pro vyhození [6]

Termoplast	Teplota taveniny (°C)	Teplota formy (°C)	Teplota vhodná pro vyhození dílu (°C)
ABS	190-250	50-85	80-100
PA 6	260-280	40-120	100
PA 6 – GF	270-290	80-120	140
PA 66 – GF	280-300	80-120	130
PC	280-320	85-120	<140
PC – GF	310-330	80-130	<150

## 4.7 Odformování výrobku

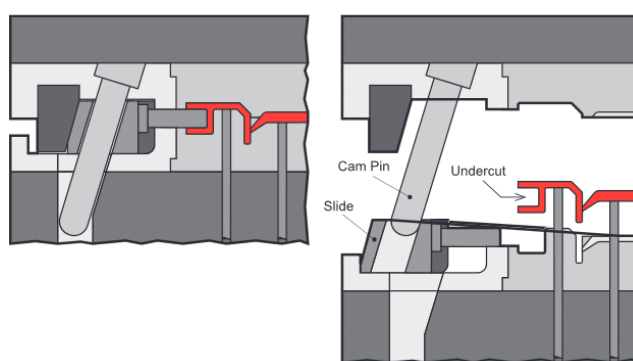
Při odformování výrobku dochází k otevření formy vstřikovacím strojem a k dalším pohybům nutným k uvolnění dílu (obr. 27).



*Obr. 27 – Otevřená vstřikovací forma*

### 4.7.1 Boční jádra

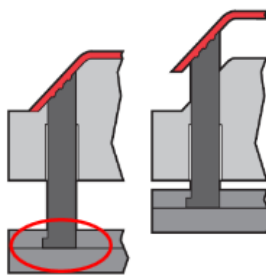
Boční jádra slouží k odformování negativů, tvarů bránícím ve vyhození dílu, nebo k odformování dezénované plochy, na které nebylo možné udělat úkos. Mohou a nemusí být chlazená, záleží na velikosti a nutnosti. Většinou jsou ovládána šikmým kolíkem (obr. 28). Mezi další mechanismy ovládání patří hydraulické válce nebo méně používané ovládání pružinou [5] [8].



*Obr. 28 – Boční jádro ovládáno šikmým kolíkem [10]*

#### 4.7.2 Vyhození dílu

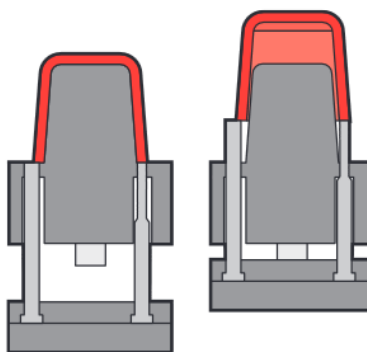
Po ochlazení dílu nastává jeho vyhození společně se studeným vtokem. Tuto práci provádí vyhazovače, které jsou uchyceny ve vyhazovacích deskách a kloužou v přesných otvorech vložky. Otvory se vyrábí v přesnosti H7. Používají se v nepohledových stranách dílu a měly by být rovnoměrně rozmístěné. Slouží i jako odvzdušnění dutiny. Vyhazovače mohou mít různé tvary. Tvarové vyhazovače musí mít na hlavičce vybroušenou plochu, aby nemohlo dojít k otočení vyhazovače (obr. 29) [5]. Vyhazovačů je několik typů:



*Obr. 29 – Aretace vyhazovače [10]*

##### a) Bodové

- Kruhové – nejlevnější a nejpoužívanější (obr. 30).
- Kruhové osazené – používají se tam, kde je malý průměr vyhazovače, zabráňují jeho prohnutí (obr. 30).
- Ploché – používají se v místech, kde není možné použít kruhové vyhazovače (tenká žebra) a je potřeba větší vyhazovací síla.



*Obr. 30 – Kruhový a kruhový osazený vyhazovač [10]*

##### b) Stírací mechanismy

- Stírací deska – vyhazuje díl po celém obvodu.
- Trubkové – zvláštní případ stírací desky.

c) Odformování negativů vyhozením

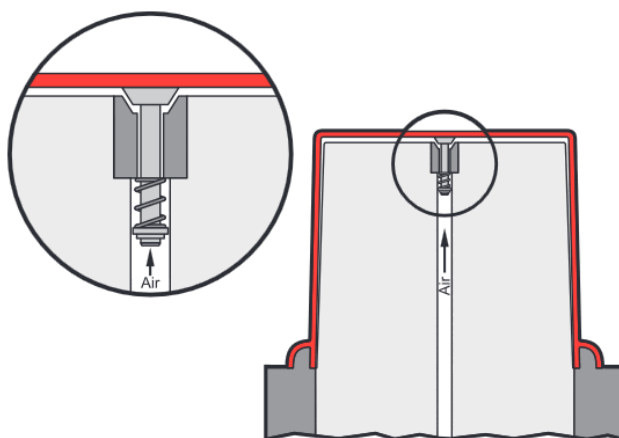
- Šikmé vyhazovače – vyhazují a odformovávají malé negativní tvary bránící vyhození.
- Odpružené (obr. 31)



*Obr. 31 – Odpružený vyhazovač [11]*

d) Vzduchové vyhazování

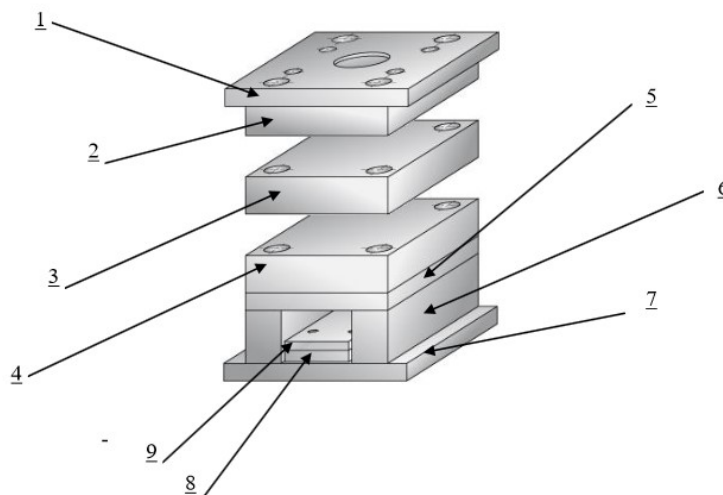
- Vzduchové vyhazování – zpravidla působí jako pomocné. Používá se u velkých hrncových dílů (obr. 32).



*Obr. 32 – Vzduchový ventilek [10]*

## 4.8 Rám

Rám vstřikovací formy je obalem zaformovaného nebo zaformovaných dílů. Je sestaven z několika desek, z nichž každá má svůj význam (obr. 33). Závisí to na konceptu formy. Čím více desek forma osahuje, tím je dražší [4] [5].



*Obr. 33 – Desky rámu formy: 1) upínací deska pravá, 2) opěrná deska pravá, 3) formovací deska pravá, 4) formovací deska levá, 5) opěrná deska levá, 6) rozpěrky, 7) upínací deska levá, 8) opěrná deska vyhazovací, 9) kotevní deska vyhazovací [12]*

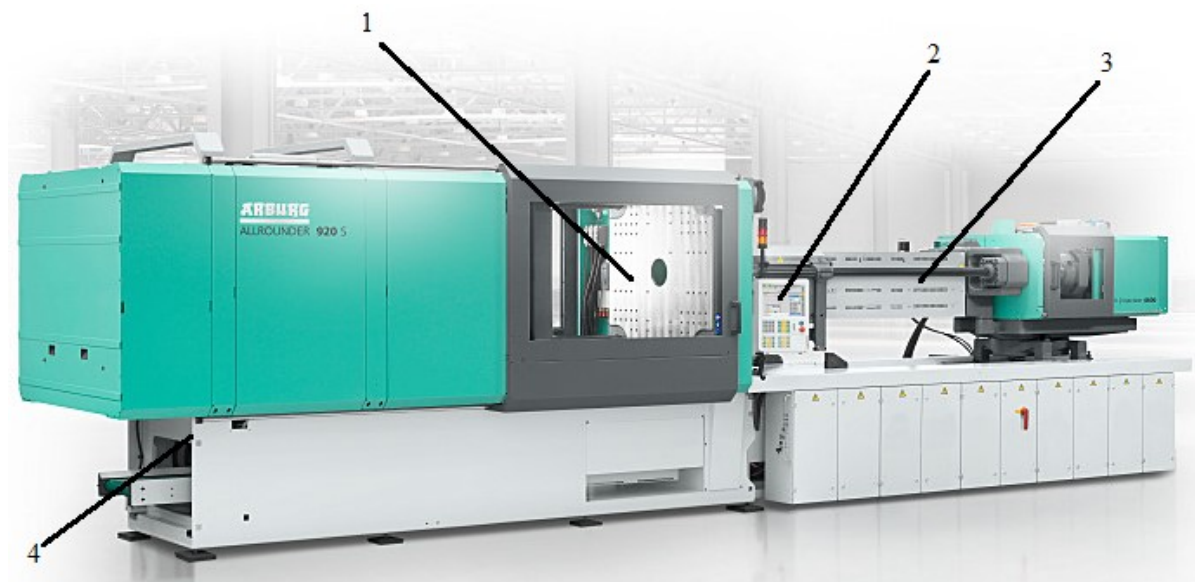
Rám musí splňovat základní požadavky:

- Tuhost – forma musí být dimenzovaná tak, aby se při vstřikování na vstřikovacím stroji vlivem tlaku neprohnula. Formovací desky se podepírají v oblasti vyhazovacích desek [5].
- Rozměry – forma musí respektovat maximální možný rozměr mezi sloupy, který dovoluje vstřikovací stroj, i maximální rozjetí stroje, aby bylo možné formu otevřít a díl pohodlně vyhodit nebo uchopit manipulátorem [5].
- Přesnost – forma je vedena vodícími kolíky, které zajišťují bezproblémový pohyb vyhazovacích desek a otevírání formy. Vodící kolíky musí být tak dlouhé, aby byly vedené vodícími pouzdry ještě před najetím šikmých kolíků. Pro větší přesnost se obě poloviny navádí středícím prvkem [5].



## 5 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj slouží k dopravení taveniny do vstřikovací formy. Mezi hlavní části patří rám stroje, uzavírací jednotka, vstřikovací jednotka a řídicí jednotka (obr. 34). Vstřikovací stroje odlišujeme typem pohonu, umístěním vstřikovací jednotky a typem upnutí vstřikovací formy. V dnešní době se běžně vstřikovací stroje osazují manipulátory nebo roboty pro odebrání dílů, a tím se výroba zrychluje [3] [13].



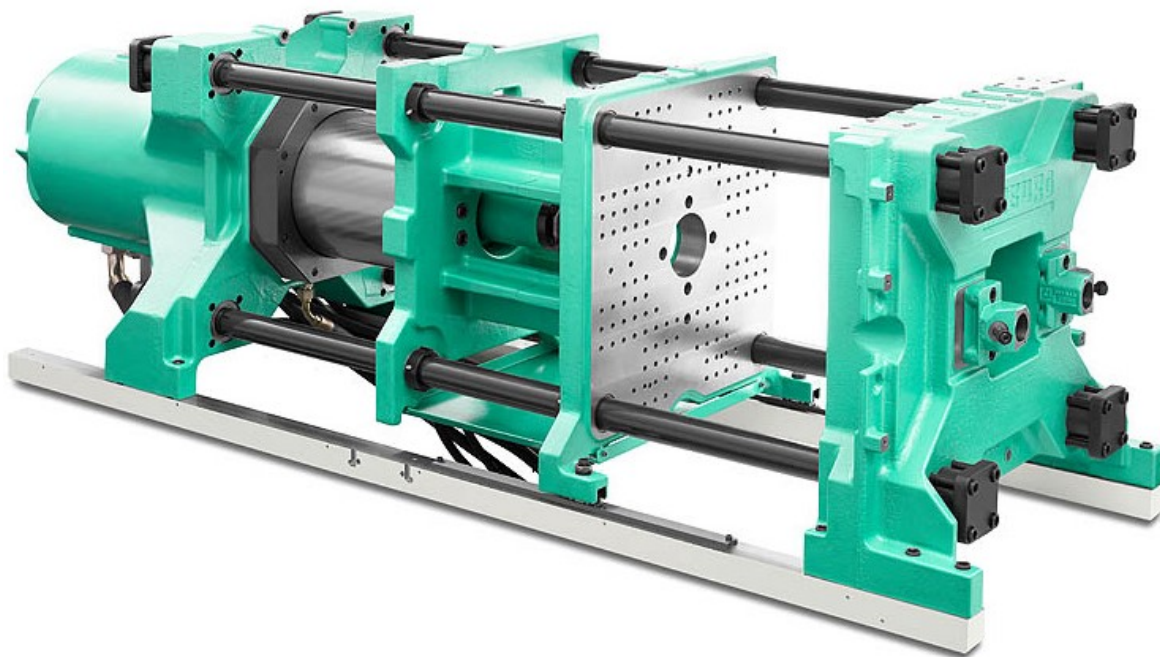
Obr. 34 – Vstřikovací stroj: 1) uzavírací jednotka, 2) řídicí systém, 3) vstřikovací jednotka, 4) rám stroje [13]

- Vstřikovací jednotka mění granulát na taveninu. Za vysokého tlaku a teploty ho vstřikuje do formy. Vstřikovací jednotku tvoří násypka na granulát, válec, šnek a tryska (obr. 35) [13].



Obr. 35 – Vstřikovací jednotka [13]

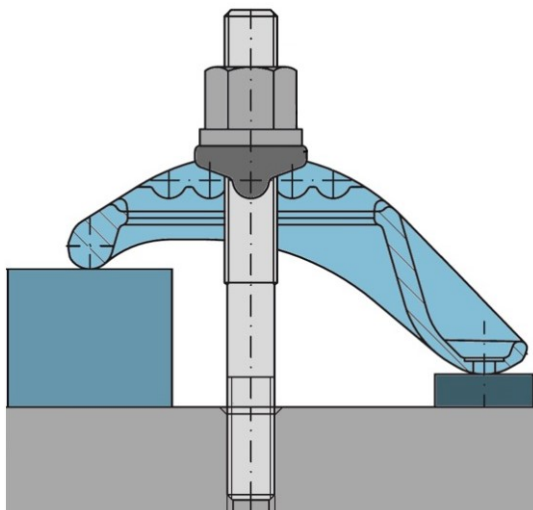
- Uzavírací jednotka slouží k otevírání a zavírání vstřikovací formy. Musí být dimenzována tak, aby udržela formu zavřenou při vysokém tlaku vstřikování do dutiny formy (obr. 36) [13].



*Obr. 36 – Hydraulická uzavírací jednotka [13]*

### **5.1 Upínání vstřikovací formy**

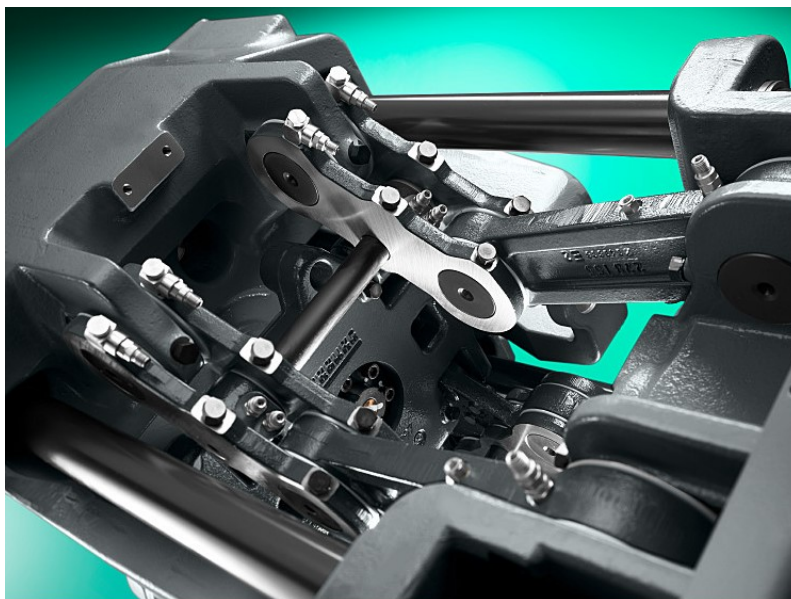
Forma se nejčastěji na stroji střeďí středícím kroužkem a upíná se přes upínky (obr. 37). Lepší upnutí z hlediska bezpečnosti je přímo šroubem do upínací desky nebo kombinací obou variant v případě, že je upínání šrouby zespodu formy. Mezi další metody upínání patří hydraulické, bajonetové a magnetické. Magnetické je rychlé, ale není možné užít izolační desky na upínacích deskách, a tím se forma velmi ochlazuje [8].



*Obr. 37 – Upínání přes upínku [8]*

## 5.2 Pohon vstřikovacího stroje

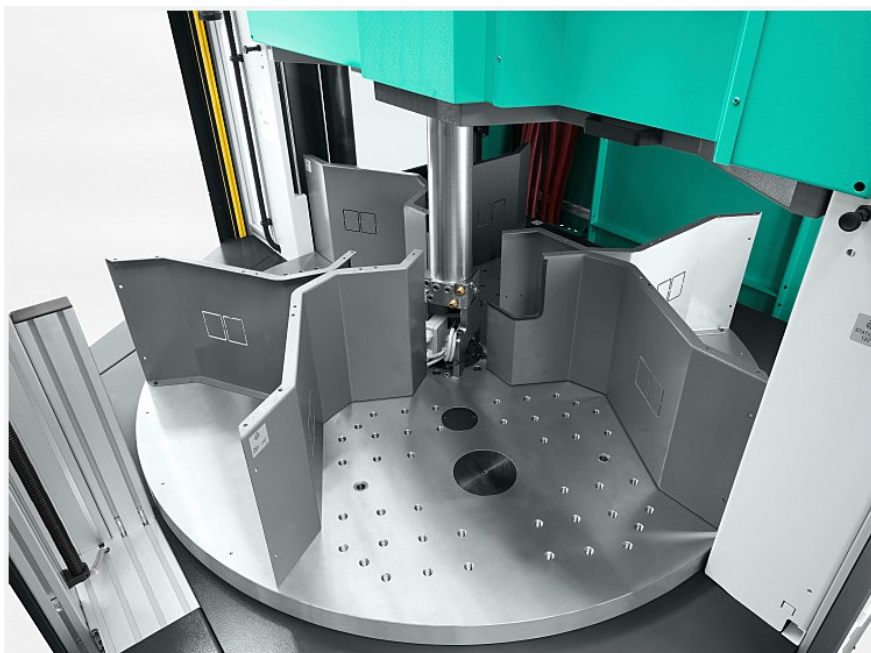
- Hydraulické stroje jsou nejčastěji používané. Jsou levnější než jiné varianty, mají vyšší uzavírací sílu, ale jsou hlučnější a dražší na provoz [13].
- Elektrické stroje se pohání přes servomotory (obr. 38). Tyto stroje mají menší hlučnost, provozní náklady a jsou velmi přesné. Mezi nevýhody patří vyšší pořizovací náklady [13].
- Hybridní stroj je spojení elektrického a hydraulického stroje. Uzavírací jednotka je řízena servomotory a vstřikovací jednotka je hydraulická [13].



*Obr. 38 – Servoelektrický kloubový mechanismus elektrického vstřikovacího stroje [13]*

## 5.3 Umístění vstřikovací jednotky

- Horizontální stroje jsou nejčastěji používané. Mezi jejich výhody patří menší výška stroje a na vyjmutí dílů z dutiny formy nepotřebují další zařízení.
- Vertikální stroje se hodně používají u dílů, kde se zastříkují kovové díly. Vkládání i vyjímání dílů se musí provádět další operací. Pro zrychlení výroby se používají otočné stoly stroje, a tím se provádí více operací najednou. Je však potřeba více vyhazovacích polovin formy (obr. 39).



*Obr. 39 – Otočný stůl vertikálního vstřikovacího stroje [13]*

#### **5.4 Vstřikovací cyklus**

Vstřikovací cyklus je operace, která se cyklicky opakuje. Vyrobené množství dílů určuje násobnost formy. Vstřikovací cyklus je čas, za který se vyrobí jeden výhoz z formy. Optimálním vstřikovacím cyklem maximalizujeme výrobu dílů [4]. Skládá se z:

- Uzavírání formy
- Vstřiku
- Dotlak
- Chlazení, plastifikace
- Otevření formy
- Vyhození dílu

Tento cyklus se opakuje až do nalisování požadovaného množství dílů nebo do potřebného servisu formy, který se opakuje v pravidelných intervalech.

# **Praktická část**

## 6 Konstrukce vstřikovací formy

Na začátku konstrukce formy se seznámíme s problematikou vstřikovaného dílu, materiálem, ze kterého budeme vstřikovat, tolerancemi dílu, násobností formy, velikostí vtoků a velikostí vstřikovacího lisu. Tyto podklady bychom měli mít před začátkem každé konstrukce (tab. 4).

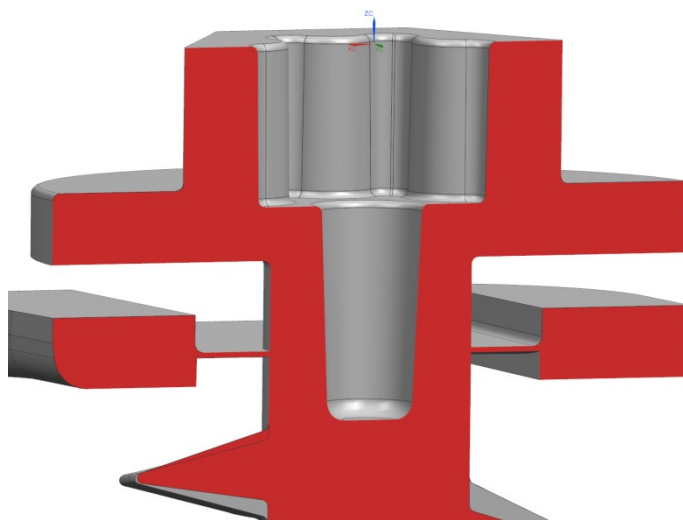
Tab. 4 – Požadované parametry formy

PROCESS INFORMATION / informace o procesu			
Type of machine (t) / typ stroje (t)		Demag 200	Type
Position of injection unit / pozice vstřikovací jednotky		horizontal / horizontální	-
Cycle time / cyklus		17,0	[s]
Part weight / hmotnost dílu		3,2	[g]
Sprue weight max. / max.hmotnost vtoku		0,0	[g]
Shot weight / hmotnost zdvihu		25,4	[g]
Parts per month / počet kusů za měsíc			-
Tool warranty / záruka formy		1 000 000	cyklů
Recycling / regenerulát		Allowed / povolen	Forbidden / zakázán

Dále navrhujeme zaformování, dělicí roviny, vyhození dílu a jeho temperaci. Nakonec zaformování vložíme do rámu formy.

### 6.1 Problematika vstřikovaného dílu

Vstřikovaný díl je konstruován jako dva díly v jedné formě – držák trubky a šroub. Spojení těchto dvou dílů se provede tak, že se mezi díly nechá tenká stěna, kterou tavenina proteče z jednoho dílu do druhého. Síla této stěny musí jít při montáži lehce odtrhnout. To nás nutí stěnu co nejvíce zmenšovat, avšak tenkou stěnou hůře poteče tavenina, tím se zvýší vstřikovací tlak a díl se bude hůře doplňovat. Proto zvolíme sílu stěny 0,15mm a v případě nedoplnění dílu místo v dutině prohloubíme, tím se mezera zvětší (obr. 40).



Obr. 40 – Stěna mezi šroubem a držákem



### 6.1.1 Materiál a smrštění

Pro náš díl máme definovaný materiál PA 66 bez plniva s obchodním názvem Zytel Mt 409 AHS s barevným označením natur (přírodní). Polyamid 66 je krystalický materiál, proto bude mít větší smrštění a nebude čirý. Z materiálového listu vyčteme pár důležitých bodů tohoto materiálu (tab. 5). Důležitým bodem pro začátek konstrukce je smrštění. Pro tento případ volíme smrštění 1,7% [13].

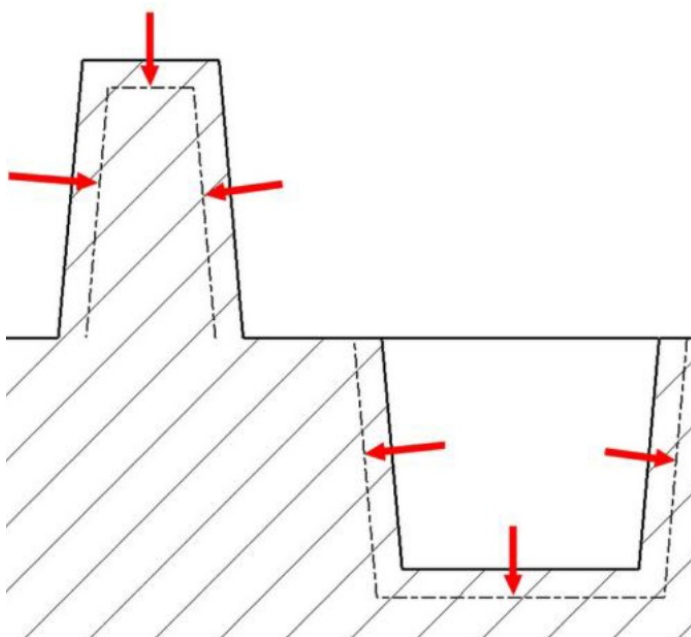
Tab. 5 – Hodnoty z materiálového listu [13]

Fyzikální vlastnost	Hodnota	Jednotka	Norma
Hustota	1,11	$g/cm^3$	ISO 1183
Smrštění příčné	1,7	%	ISO 294-4
Smrštění podélné	1,7	%	ISO 294-4
Absorpce vody za 24 hodin	0,9	%	ISO 62

### 6.1.2 Tolerance dílu

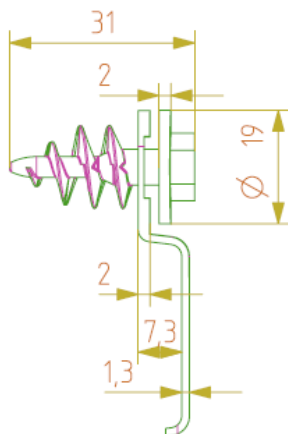
Pro dosažení požadovaných rozměrů a kvality dílu si musíme důkladně projít výkres dílu. Jednostranné tolerance posunout na střed tolerančních polí. Následně si problematické rozměry posunout tak, aby šly v případě velké deformace nebo špatně zvoleného smrštění stěny dutiny odebrat. Vždy je lepší a snazší odebrání stěn dutin než navážení a vložkování.

Obecně platí pravidlo, že musíme díl vždy zmenšovat, tím se zvětšuje dutina dílu (obr. 41).

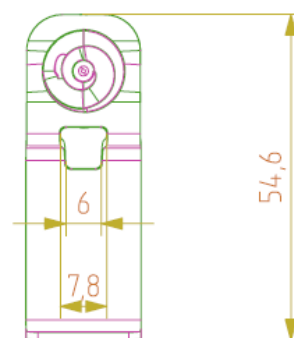


Obr. 41 – Možnost korekce rozměrů odebráním materiálu

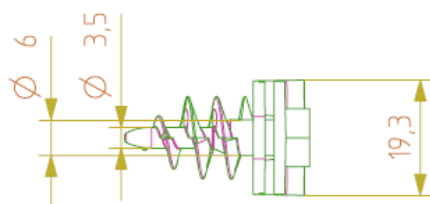
Z výkresu můžeme vyčíst, že nebude problém s rozměry. Je to technický díl a zákazníkovi jde hlavně o funkčnost. Proto na výkrese nejsou přísné tolerance a jsou povoleny deformace, propadliny a vzhledové vady, které neovlivní funkci dílu. Dále nám poslední poznámka určuje směr úhlování dílu (obr. 42).



POHLED B  
M 1:1

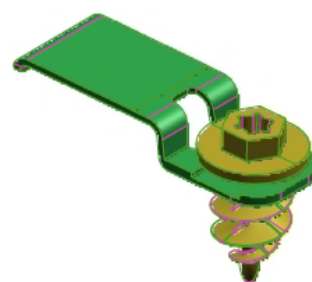


POHLED C  
M 1:1



POHLED A  
M 1:1

Popis: kod materialu: PA 66,  
datumovka, c.kavity  
Deformace U-profilu povolena  
Spaleniny a vzhledove vady,  
ktere nemaji vliv na funkci,  
jsou povoleny  
Propadliny povoleny  
Vnější rozměry jsou maximální  
a vnitřní minimální



POHLED D  
M 1:1

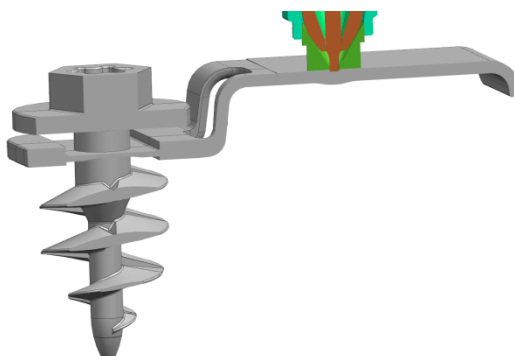
Nesmí být měřeno ručně Darf nicht manuell gemessen werden	1	31*54.6*19.3	PA 6 6	Zytel MT409AHS BK010	1
	kusů/St.	Čistý rozměr/Mass	Materiál/Werkstoff	Zpracování/Verarbeitung	Poz./Pos.
	Měřítko Massstab	1:1 (-)	Datum 11.2019	Název Benennung	
	Formát Format	A4	Jméno Name		
			- /Kobusek J.		
		Všeobecné tolerance Allgemeintoleranz		Tolerance souřadnic Koordinatentoleranz	
		X ± 0.5      <=X° ± 1°		± 0.005	
		XX ± 0.3      <=XX° ± 0.5°			
		XXX ± 0.02      <=XXX° ± 0.1°			
		XXXX ± 0.005			
				Číslo výkresu Zeichnung-Nr.	
				1-1	
				Číslo polotovaru	
				2	

Obr. 42 – Výkres součásti



### 6.1.3 Vtok

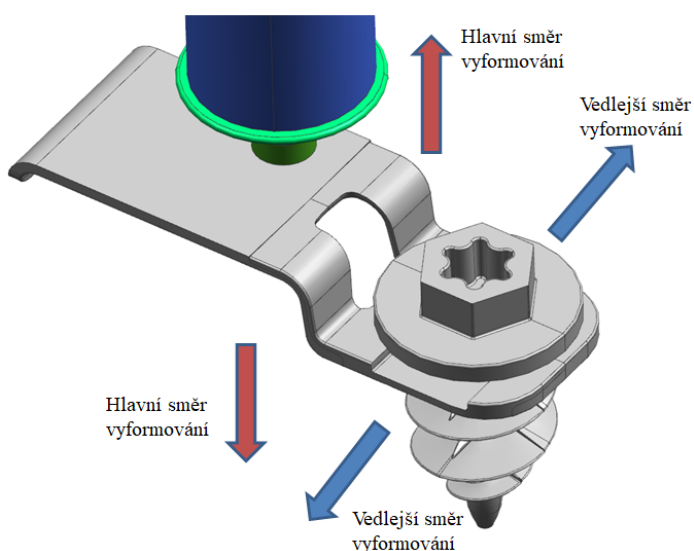
Umístění vtoku by mělo být do nejsilnější stěny dílu a na místo, z jakého se díl bude rovnoměrně plnit. V tomto případě je zřejmé, že tato pravidla nedodržíme. Dále je na dílu velmi slabá stěna, proto je zvolena horká tryska umístěná přímo do dílu. Jelikož se bude vstříkovat přímo do dílu, použijeme jehlově uzavíratelný systém. Po dohodě s dodavatelem horkých vtoků bude použita tryska s vnějším průměrem 6 mm a jehlou s průměrem 1,2 mm. Z těchto informací volíme umístění vtoku na rovné ploše držáku trubky co nejbližže slabé stěně. Pod jehlou horkého systému uděláme čočku pro zachování stejně silné stěny (obr. 43).



Obr. 43 – umístění vtoku

### 6.1.4 Formovací úkosy

Než začneme s formovacími úkosy, musíme si stanovit natočení dílu ve formě a směry odformování. Vtok již máme určený, a proto je zřejmé, že budeme potřebovat dvě posuvná boční jádra (obr. 44).

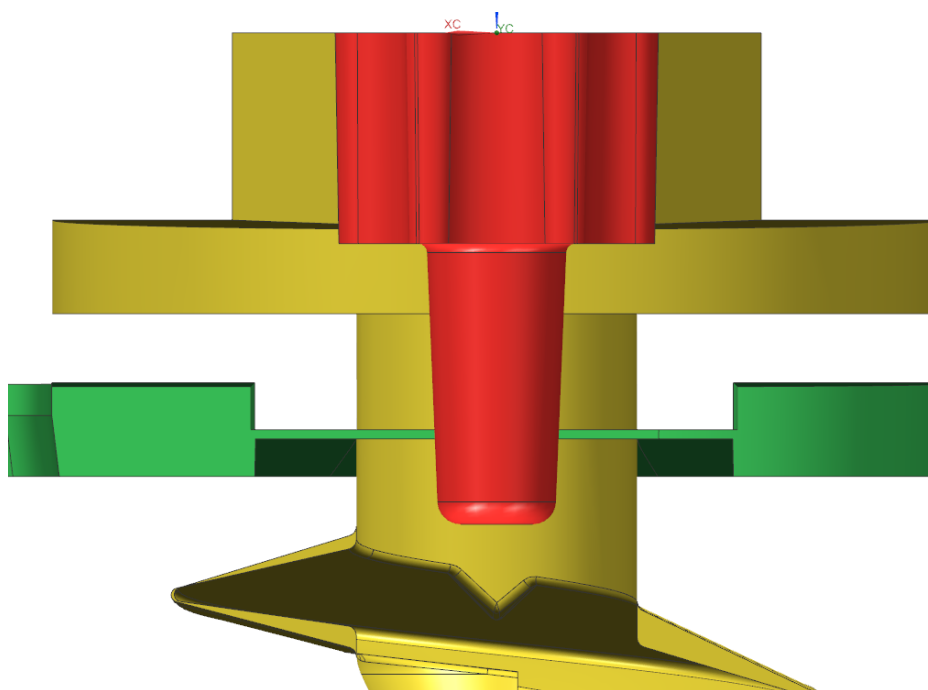


Obr. 44 – směry odformování

Povrch tvaru bude převážně jiskřený dle VDI 3400/24. Proto volíme formovací úkosy  $0,5^\circ$  i ve směru odjíždění bočních jader (tab. 1). Jen ve směru nástrčného klíče torx dle ISO 10664 uděláme formovací úkos  $1^\circ$  z důvodu zamezení možnosti nalepení dílu na jádro, které je na vstřikovací straně a je označeno červeně (obr. 45).

Tab. 1 – Doporučené úkosy pro dodržení požadovaného povrchu [4]

Povrch dle VDI 3400/..	Drsnost $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Drsnost $\approx R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	Min. formovací úkos ( $^\circ$ )		
			PA	PC	ABS
12	0,40	1,5	0,5	1,0	0,5
15	0,56	2,4	0,5	1,0	0,5
18	0,80	3,3	0,5	1,0	0,5
21	1,12	4,7	0,5	1,0	0,5
24	1,60	6,5	0,5	1,5	1,0
27	2,24	10,5	1,0	2,0	1,5
30	3,15	12,5	1,5	2,0	2,0
33	4,50	17,5	2,0	3,0	2,5
36	6,30	24,0	2,5	4,0	3,0
39	9,00	34,0	3,0	5,0	4,0
42	12,50	48,0	4,0	6,0	5,0
45	18,00	69,0	5,0	7,0	6,0



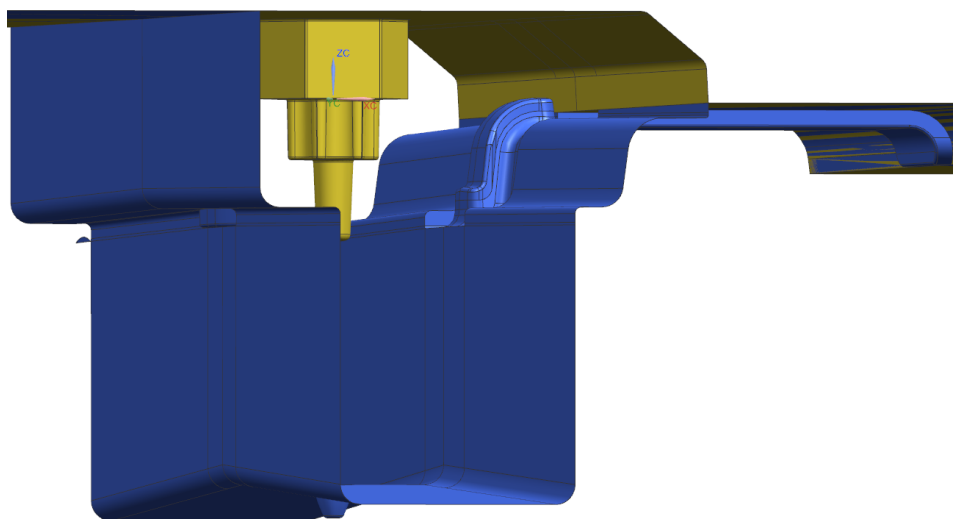
Obr. 45 – označené stěny jádra pro klíč

## 6.2 Zaformování

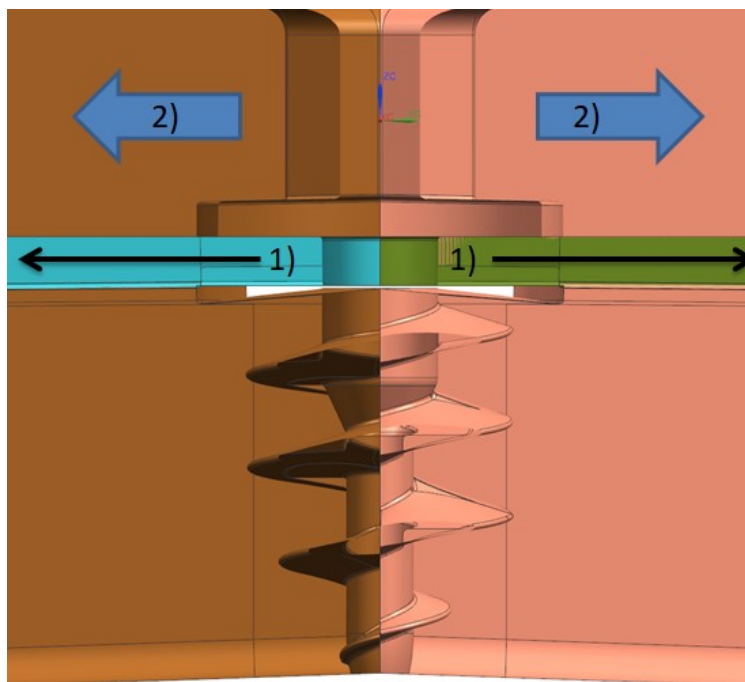
V zaformování si uděláme dělicí roviny dílu a navrhne všechny komponenty potřebné pro bezproblémové vyhození dílu. Rozvrhneme si místo ve formě, abychom se vešli na požadovaný vstřikovací lis Demag 200.

### 6.2.1 Dělicí roviny

Díl rozdělíme dělicími rovinami, které nám budou určovat dělení všech hlavních součástí zaformování. Dvě hlavní dělicí roviny zobrazují vstřikovací a vyhazovací vložku (obr. 46). Čtyři pomocné, protože budeme muset použít rozfázované boční jádra kvůli negativním tvarům, ve směru bočních jader (obr. 47).

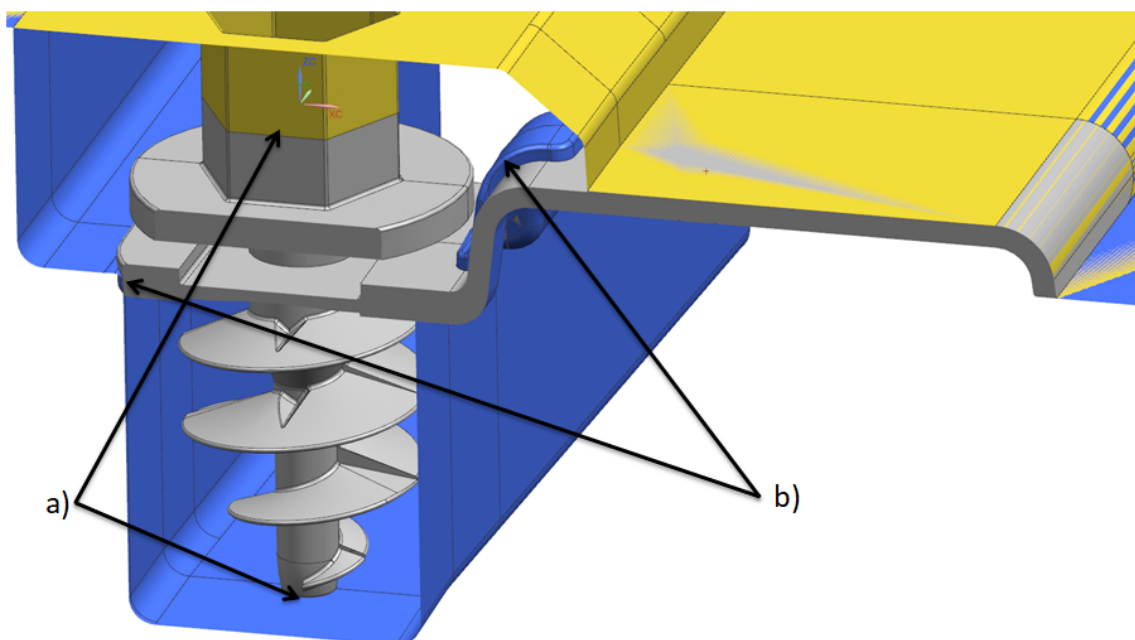


Obr. 46 – Hlavní dělicí roviny: žlutá pro vstřikovací stranu a modrá pro vyhazovací stranu



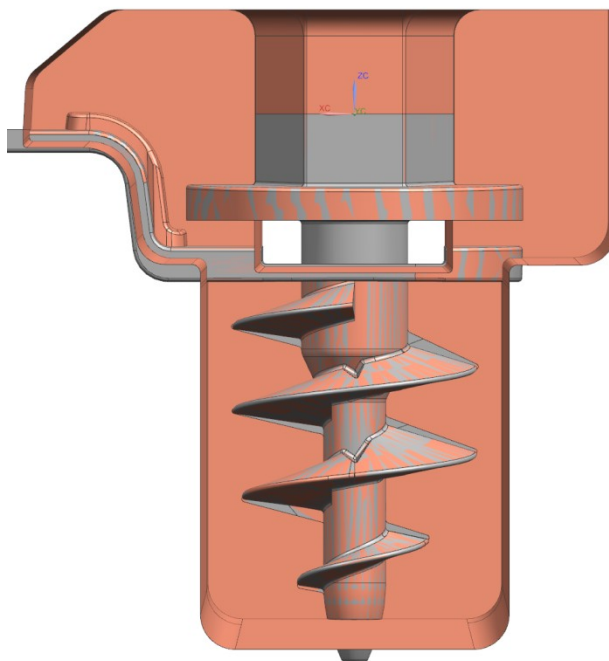
Obr. 47 – Pomocné dělicí roviny ve směru vyjždění jader: 1) fáze jedna, 2) fáze dva

Aby se díl při odjíždění bočních jader nedeformoval a bezpečně zůstal ve výchozí poloze, musíme zajistit přidržení dílu. Pro přidržení dílu bude sloužit jádro v hlavě šroubu a špička šroubu. Proti zdeformování dílu budou sloužit dvě pomocné roviny (obr. 48).



*Obr. 48 – Přidržení dílu a) Hlavní přidržení, b) vedlejší přidržení*

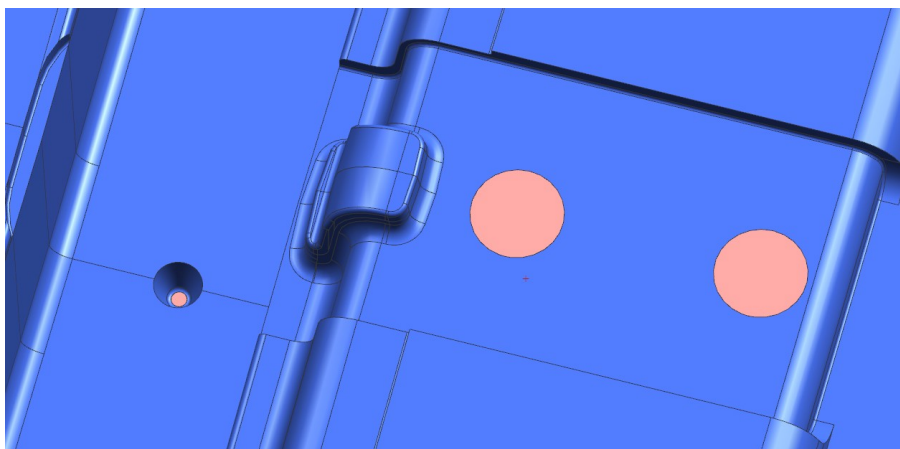
Pro zajištění životnosti 1 000 000 zdvihů uděláme ve směru odformování bočních jader úkosy. Tím se zamezí nadbytečnému opotřebení tvarových ploch (obr. 49).



*Obr. 49 – úkosy ve směru odformování bočních jader*

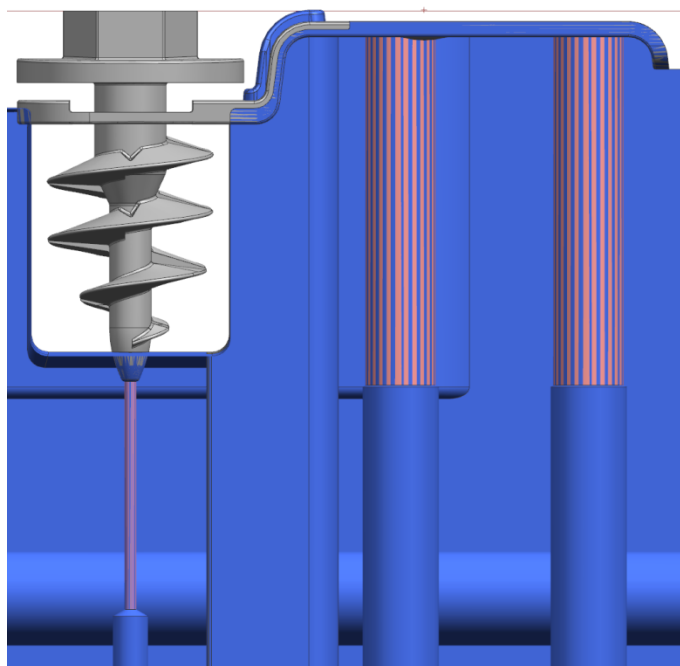
### 6.2.2 Vyhození dílu

V této fázi si navrhujeme umístění vyhazovačů. První umístíme na konec šroubu. Bude sloužit jako odvzdušnění a zároveň bude udávat výšku zdvihu potřebného pro vyhození dílu. Z důvodu špice na konci šroubu bude mít vyhazovač průměr pouze jeden milimetr, proto bude vyhazovač osazený, abychom zabránili deformacím vyhazovače při plnění dutiny formy materiálem nebo při vyhazování dílu. Vyhazovací zdvih tedy volíme 50 mm, aby byl díl bezpečně vyhozen. Další dva kruhové vyhazovače umístíme pod plochu držáku trubky. Jeden co nejbližše vtoku, aby byl materiál z dutiny formy vyhozen i při nedoplnění dílu a druhý na konec dílu, aby sloužil jako odvzdušnění (obr. 50).



*Obr. 50 – umístění vyhazovačů*

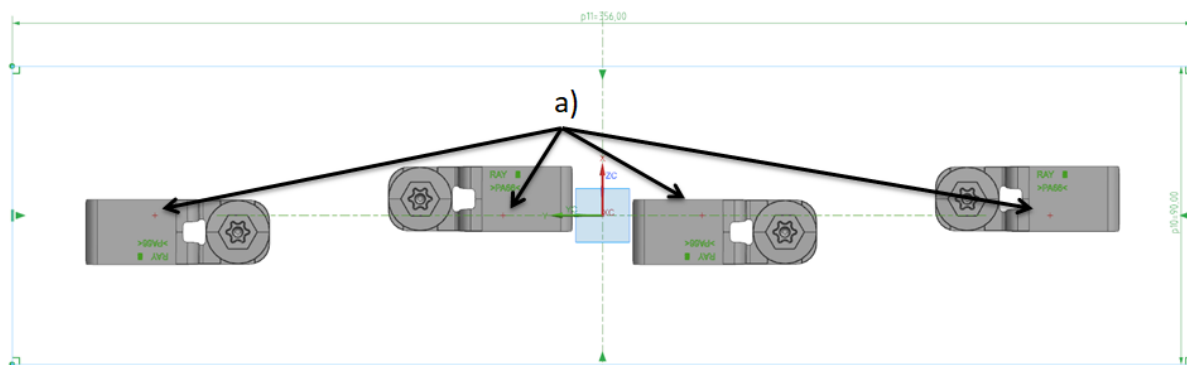
Díry pro vyhazovače budou v toleranci H7 a hloubka přesných děr bude 30mm. Zbytek díry bude s větším průměrem (obr. 51).



*Obr. 51 – Hloubka vedení vyhazovačů*

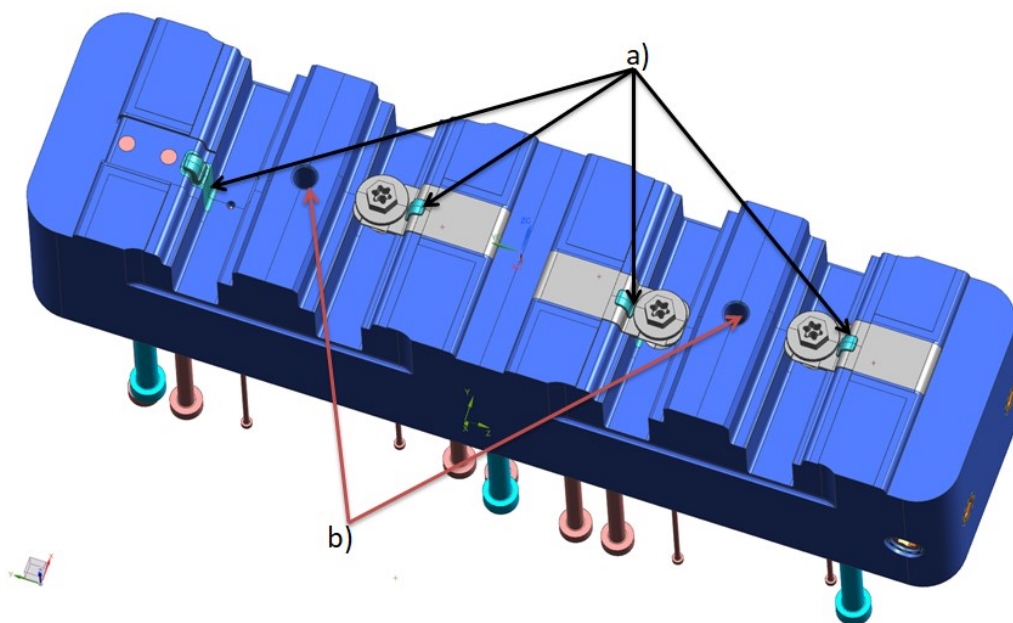
### 6.2.3 Formovací vložky

Po dokončení dělicích rovin si můžeme navrhnout velikost formovacích vložek. Forma bude osminásobná a vzhledem k zaformování dílu budou vložky velmi velké. Proto volíme vložky dvě čtyřnásobné. Rozmístění dílů ve vložce volíme natočením proti sobě, aby navazovaly rozdílné výšky ploch, a tím se usnadnila výroba. Díl nebude na středu vložky, z důvodu snazší a levnější konstrukce horkého systému. Podle takto rozmístěných dílů můžeme navrhnout rozměry formovacích vložek 356 x 90 mm (obr. 52).



Obr. 52 – Rozmístění dílu ve formovací vložce, a) umístění vtoku

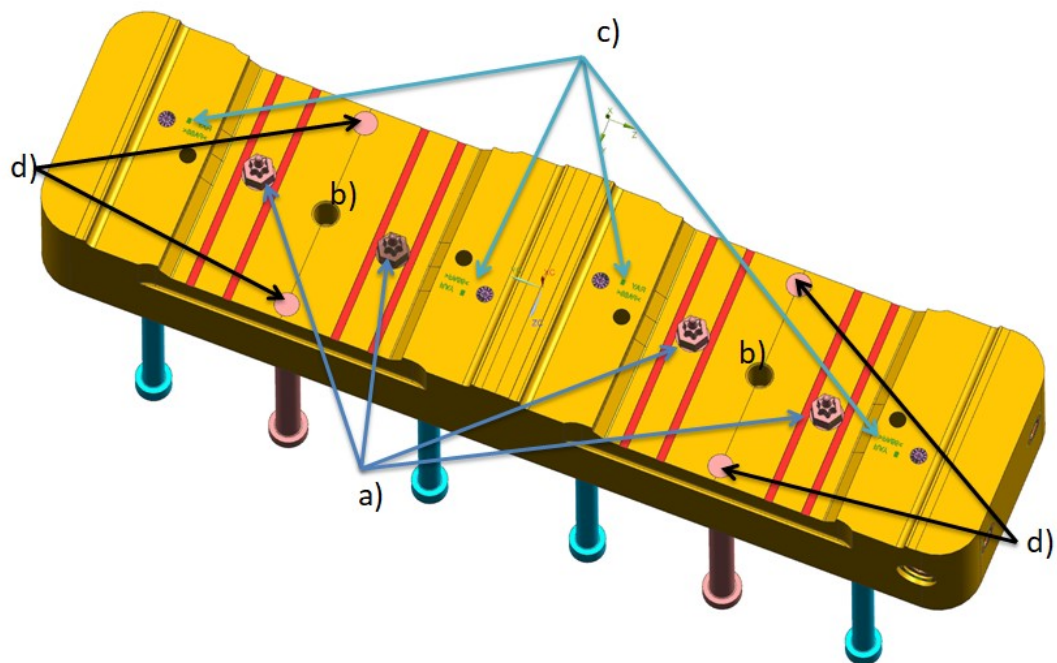
Výšku formovacích vložek volíme kvůli tuhosti 44 mm v nejnižším místě a materiál vložek volíme 1.2343 zakalený na tvrdost 52-54 HRc. Pro usnadnění výroby, abychom mohli co nejvíce ploch frézovat, a vyvarování se riziku velkého opotřebení, necháme na formovacích vložkách vyrobit tvarová jádra. Dále kvůli bezpečnosti a lepší manipulaci s vložkami na ně umístíme manipulační závit (obr. 53).



Obr. 53 – Formovací vložka vyhazovací strany, a) tvarová jádra, b) manipulační závit

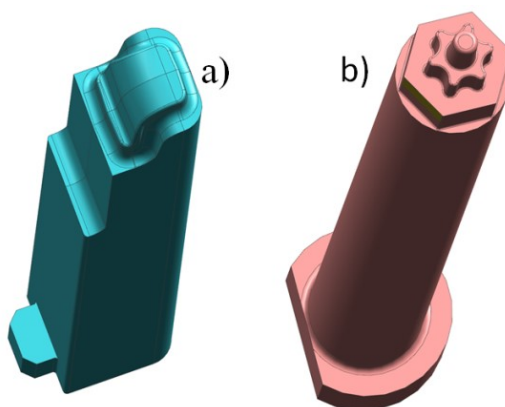


Na formovací vložku vstřikovací strany umístíme popisy a datumovku dle požadavků zákazníka. Tvarová jádra budou pro snazší a levnější výrobu vyrobeny z vyhazovačů. Dále na vložku umístíme kolíky, které budou odtlačovat vyhazovací desky z pevné strany (obr. 54).



*Obr. 54 – Formovací vložka vstřikovací strany, a) tvarová jádra, b) manipulační závity, c) popisy a datumovky, d) kolíky*

Tvarová jádra by měla být navržena tak, aby při montáži nebylo možné je otočit a byla co nejsnazší na výrobu. Jádro vyhazovací strany nebude pohyblivé, a má proti otočení rozdílné rádiusy v rozích. Jádro vstřikovací strany bude kluzné, protože slouží jako přidržovač dílu, a proto bude vyrobeno z kaleného vyhazovače s aretací hlavy (obr. 55).



*Obr. 55 – Tvarová jádra a) jádro vyrobené s rozdílnými rádiusy, b) jádro vyrobené z vyhazovače*

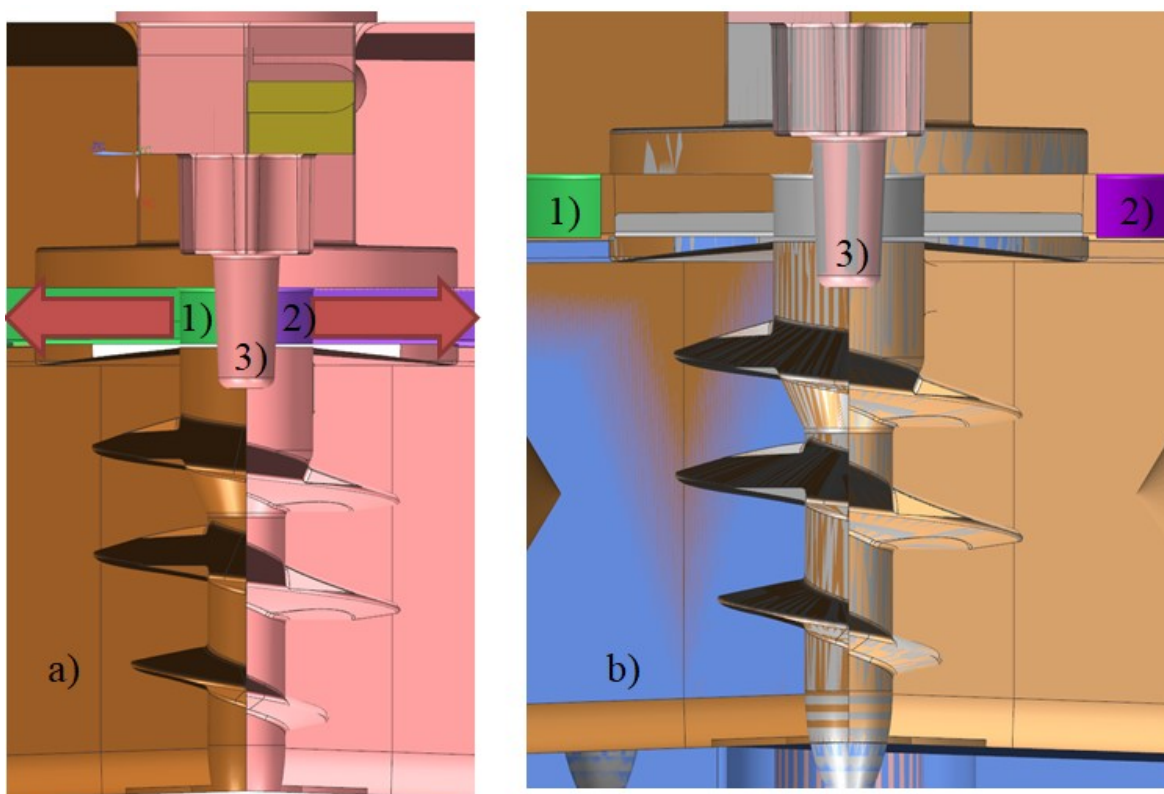
#### 6.2.4 Boční jádra

V našem případě nejproblematictější část konstrukce. Musíme rozfázovat vyjíždění bočních jader tak, aby nedošlo k uvolnění dílu. Zákazník si nepřeje provést rozfázování odjíždění bočních jader pomocí pružin. Proto musíme navrhnout mechanické řešení.

Jádro pro první fázi vyhození – dále jen první jádro

Jádro pro druhou fázi vyhození – dále jen druhé jádro

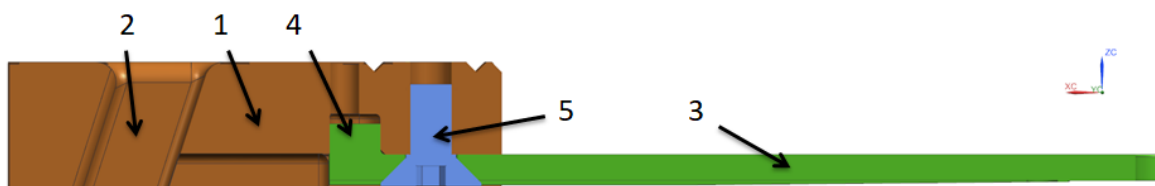
V první fázi musíme odformovat místo nad negativním tvarem a přitom jádro vstřikovací strany musí být stále zaformováno (obr. 56).



Obr. 56 – První fáze odformování a) směr pohybu jader 1-2, jádro 3 se nepohybuje, b) odformovaná jádra

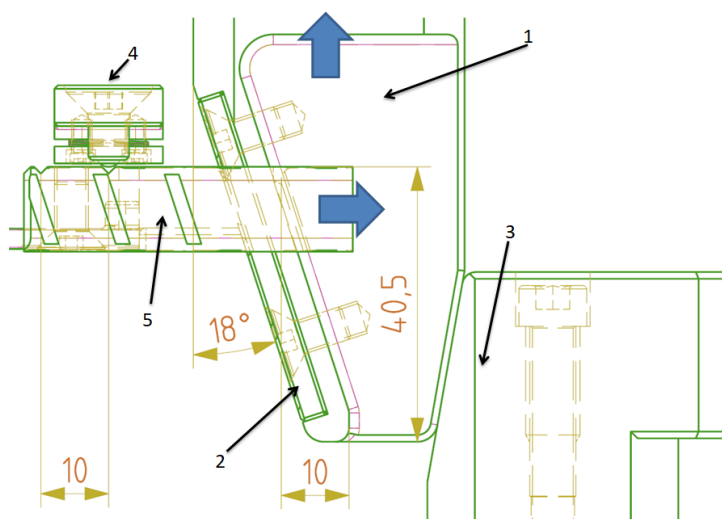
Po první fázi začne odformování druhého jádra a jádra vstřikovací strany. Proto nám výška vedení šikmého tahače pro první jádro určuje výšku zpoždění lomeného kolíku pro druhé jádro a výšku zdvihu pro vyhazovací desky na vstřikovací straně, aby zůstalo jádro vstřikovací strany zaformované. Jádro jedna je velmi malé, musíme mu proto navrhnout vedení, ve kterém bude šikmý tahač jezdit. Malá velikost a rozdíl délky prvních jader, protože díl není uprostřed formovací vložky, nás nutí toto vedení udělat samostatné pro obě první jádra (obr. 57). Je to výhodnější i z hlediska náhradních dílů.



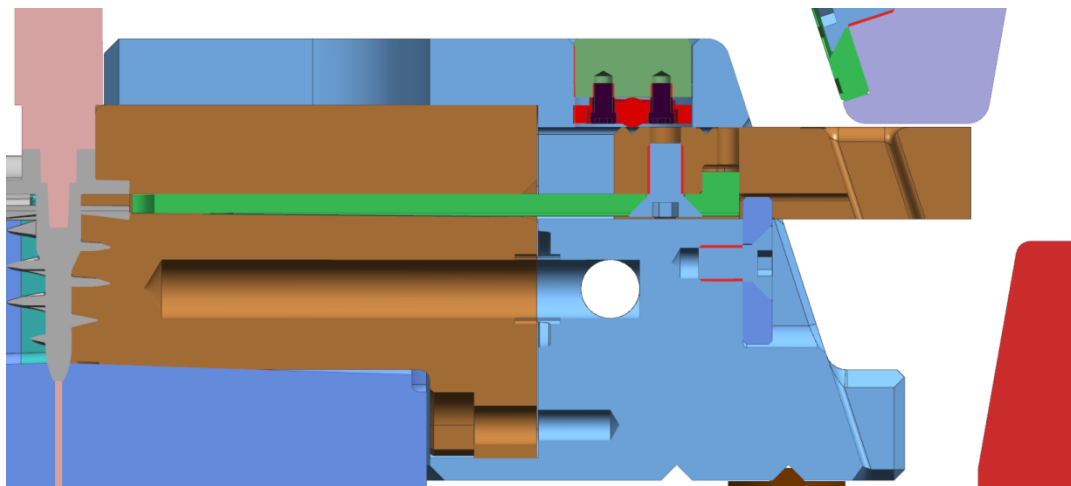


Obr. 57 – Schéma prvního jádra 1) Vedení prvních jader, 2) kluzná plocha pro šikmý tahač 3) první jádro 4) aretace prvního jádra 5) šroub

Vstřikovaný díl má dle výkresu na šířku 19,3 mm, proto volíme zdvih pro odformování prvního jádra 10 mm. Jádro bude ovládáno tahačem, který je pod úhlem  $18^\circ$ . Tahač zároveň slouží jako opěrná podložka, která brání pohybu jádra zpět při plnění dutiny taveninou. Pro zabránění velkého namáhání šikmého tahače bude při uzavřené formě dotlačen dosedacím kamenem (obr. 58). Výška potřebná k rozjetí formy, aby první jádro bylo odformováno, je 41 mm (obr. 59).



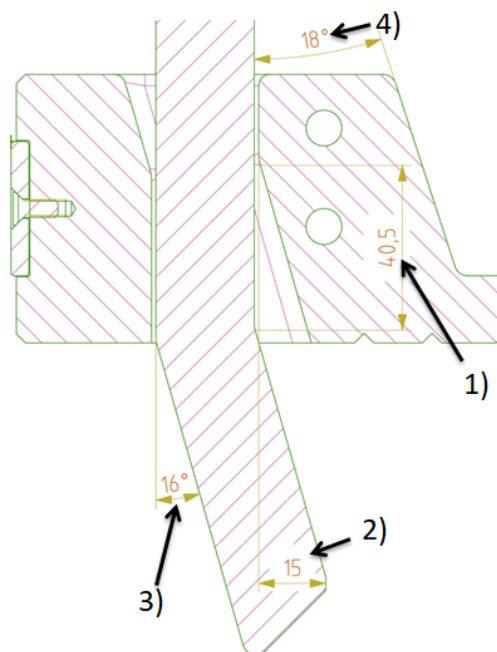
Obr. 58 – Tahač prvního jádra 1) odlehčení, 2) opěrná podložka 3) dosedací kamen 4) pojistka 5) Vedení prvních jader



*Obr. 59 – Odformované první jádro po rozjetí formy o 41 mm*

V druhé fázi se odformují závitý šroubu a negativní tvar. Zároveň začne s odformováním i jádro vstřikovací strany. Po tomto odformování by měl vstřikovaný díl zůstat ve formovací vložce vyhazovací strany.

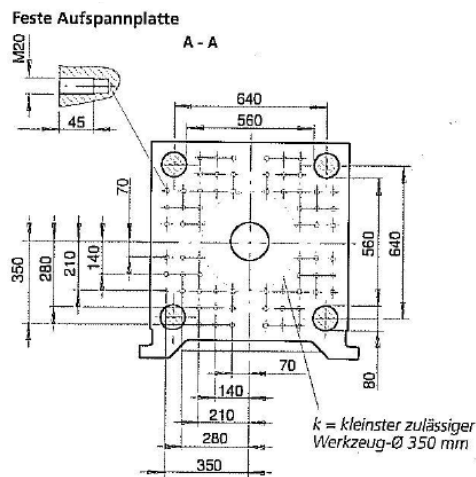
Délku zpoždění lomeného kolíku, který ovládá druhé jádro, již známe (obr. 60). Zdvih pro odformování druhého jádra volíme 15 mm, aby mohl být vstřikovaný díl bezpečně vyhozen z dutiny formy a nezachytil se o boční jádra. Větší zdvih není možný kvůli omezeným rozměrům vstřikovací formy. Lomený kolík a opěrná podložka mají rozdílný úhel natočení, aby nedošlo ke kolizi. Materiál, ze kterého budou boční jádra vyrobená, navrhujeme 1.2343 s tvrdostí 50-52 HRC.



*Obr. 60 – Lomený kolík druhého jádra 1) zpoždění lomeného kolíku, 2) zdvih vyformování, 3) úhel lomeného kolíku, 4) úhel opěrné podložky*

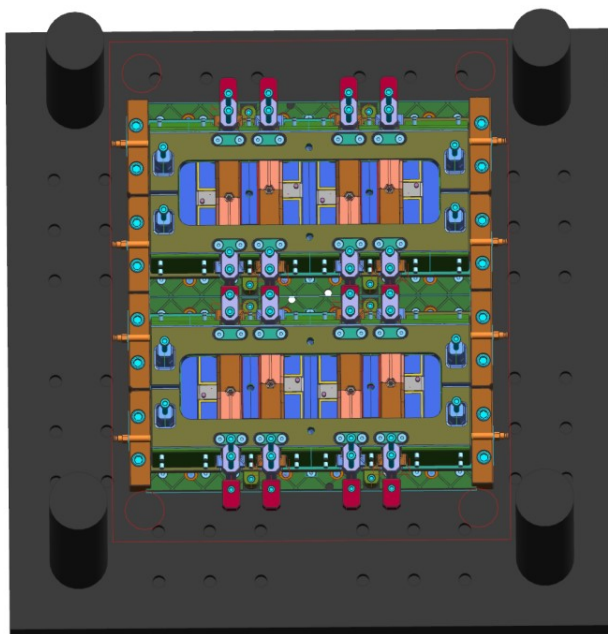
### 6.2.5 Rozvrhnutí místa ve formě

Nyní máme všechny podklady pro rozvrhnutí místa ve formě a můžeme rozmístit formovací vložky. Vyhazovací zdvihy také známe, a po rozvrhnutí budeme mít všechny podklady pro objednání horkého systému. Upínací deska lisu Demag 200 má mezi sloupy 560 mm (obr. 61). Pravidlem je konstruovat tak, abychom použili co nejvíce normálií. Nejbližší rozměr normalizované desky je 546 mm.



Obr. 61 – Upínací deska lisu Demag 200 [1]

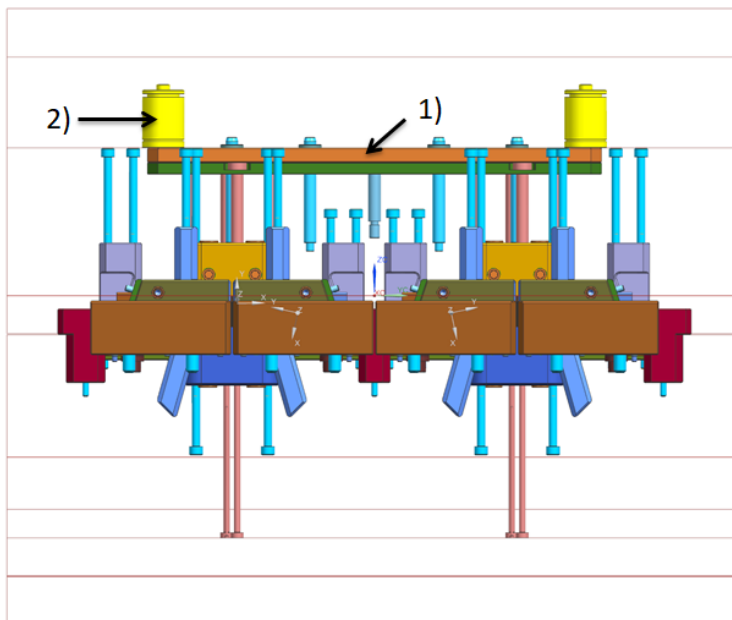
Pokud bychom umístili formovací vložky nad sebe, maximální možnou šířku upínací desky bychom dodrželi, ale na výšku by forma nevyhovovala. Lepší řešení bude umístit formovací vložky vedle sebe. Použijeme velké posuvné boční jezdce kolem formovacích vložek fixované středícími kameny a lomené kolíky budou na krajích. Tím nám zbyde dostatek místa pro umístění temperace do bočních jezdců (obr. 62).



Obr. 62 – Optimální rozmístění zaformování a řešení bočních jader

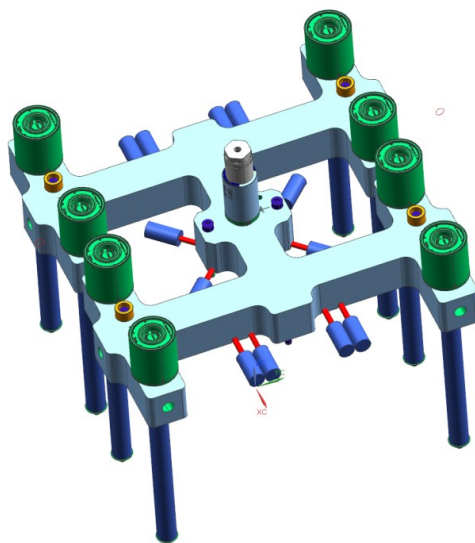
### 6.2.6 Horký systém

Již známe rozteče horkých trysek, objem dílu, materiál, z jakého budeme vstříkovat a nyní potřebujeme znát délku trysek. Podle těchto informací dodavatel navrhne systém, který bude splňovat požadované parametry. Délku trysek navrhne podle rozměru potřebného na vyhazovací desky na vstříkovací straně (obr. 63). Dle zástavby volíme délku trysky 180 mm.



Obr. 63 – Výška trysky horkého systému 1) vyhazovací desky vstříkovací strany, 2) pneumatický válec

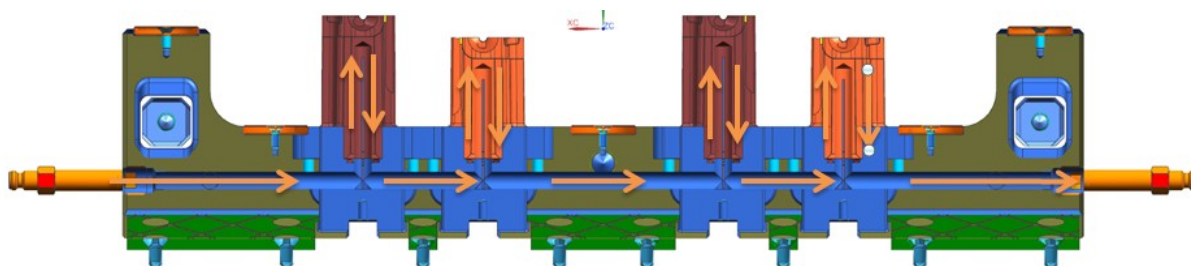
Dodavatel navrhl vyvážený horký systém s požadovanými parametry (obr. 64). Zbývá navrhnout vedení elektrických kabelů a příslušný počet zásuvek podle informací od dodavatele horkých systémů a požadavcích zákazníka.



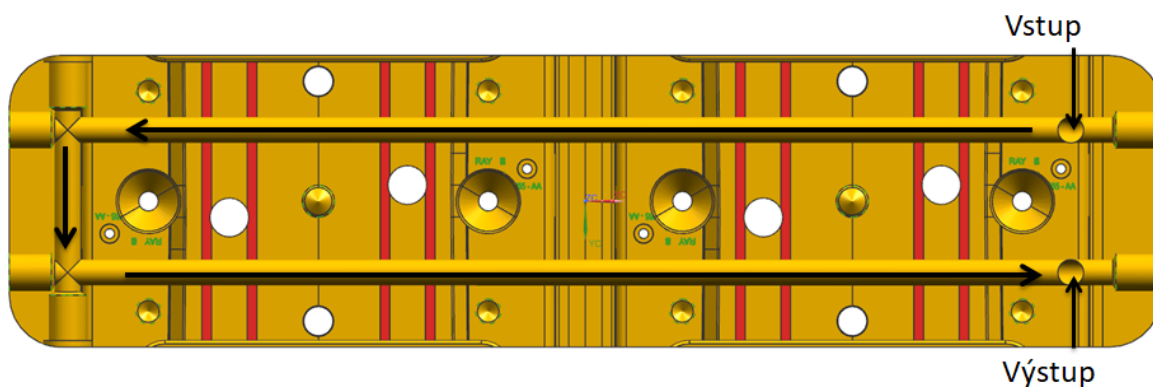
Obr. 64 – Jehlově uzavíratelný horký systém

### 6.2.7 Chlazení

Zákazník má kvůli snazší údržbě předepsané jednotné chladicí náustky a ucpávky chladicích kanálů. Proto volíme průměr chladicích kanálů 8 mm. Vývod chladicích kanálů se umísťuje směrem od obsluhy nebo pod vstřikovací formu. V našem případě budeme používat i stranu obsluhy. Nikdy by se přívod chladicí kapaliny neměl umísťovat nad vstřikovací formu, aby kvůli netěsnosti rychlospojek nedošlo ke zničení horkého systému. Chladicí okruhy umísťujeme do míst tak, aby chlazení bylo co nejrovnoměrnější. V bočních tvárnících použijeme přepážky chlazení kvůli nedostatku místa (obr. 65). Formovací vložky nebudou mít náustky. Přívod chladicí kapaliny bude přes formovací desky (obr. 66).



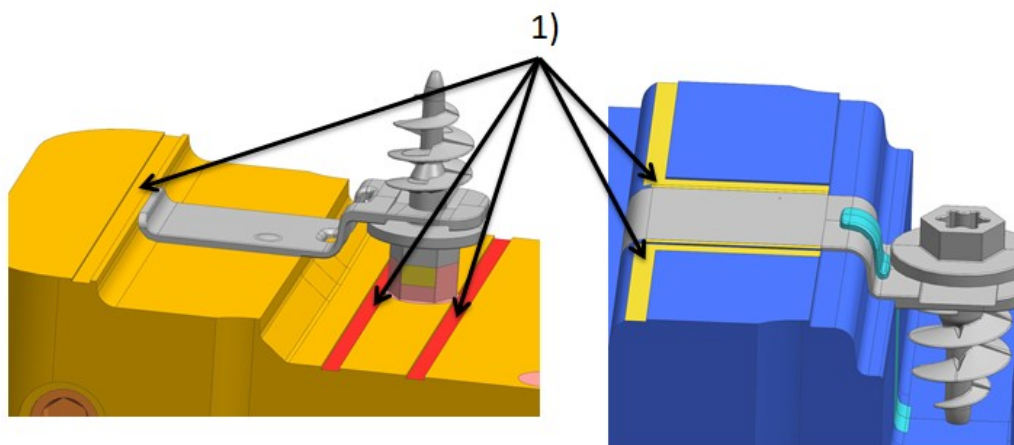
Obr. 65 – Schéma chlazení bočních jader



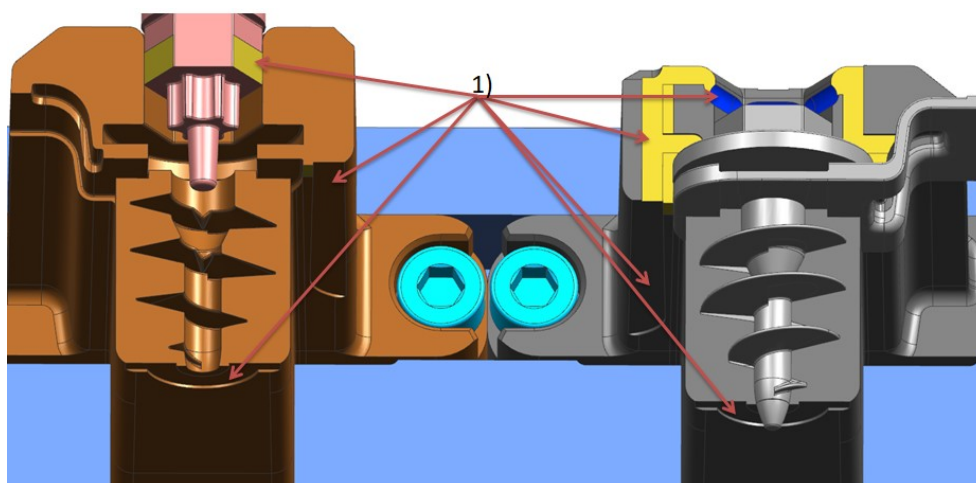
Obr. 66 – Schéma chlazení formovací vložky

### 6.2.8 Odvzdušnění

Odvzdušnění uděláme hlavně na koncích dílu, abychom maximálně snížili vstřikovací tlak. Odvzdušňovací drážku volíme 0,5 mm hlubokou, 1 mm od dutiny tvaru. Přepuštění mezi dutinou a drážkou volíme 0,02 mm. Díl odvzdušníme po celém jeho obvodu (obr. 67). Dále odvzdušníme jádra formovacích vložek a boční jádra (obr. 68).



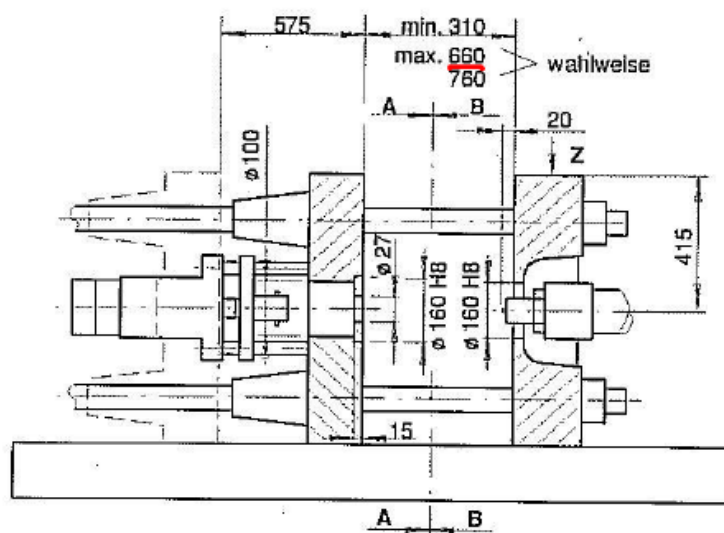
*Obr. 67 – Odvzdušnění 1) odvzdušňovací drážky na formovacích vložkách*



*Obr. 68 – Odvzdušnění 1) odvzdušňovací drážky na bočních jádrech*

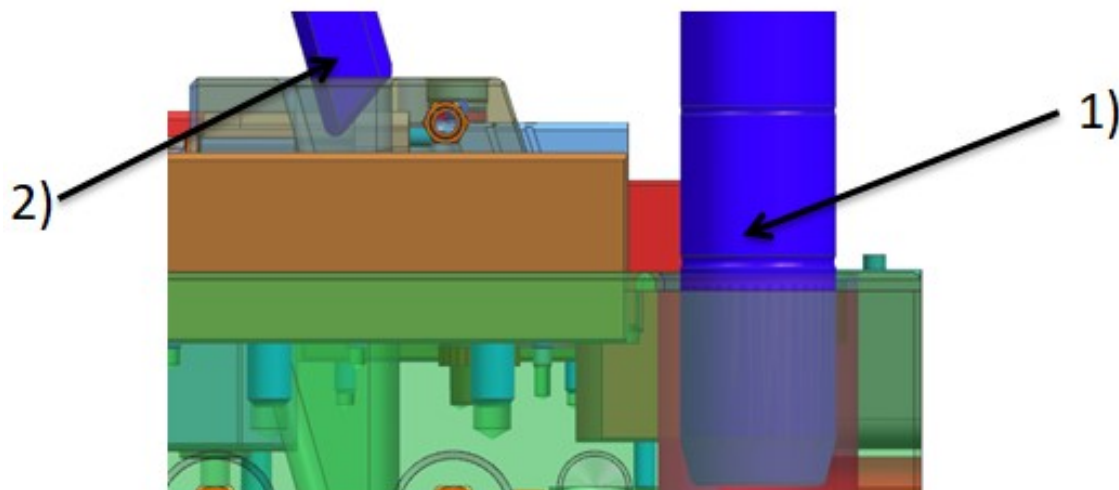
### 6.3 Rám

Po kompletním dokončení zaformování ho vložíme do rámu formy. Desky vstřikovací formy jsou normalizované od firmy meusbarger, z konstrukční oceli 1.2312. Na kotevní desky vyhazovacích desek bude použita ocel 1.1730, protože nejsou nijak namáhány. Z rozměrů zaformování určíme velikost rámu. Výška bude 696 mm a šířka 546 mm. Hloubku vstřikovací formy určíme po osazení všech komponentů, nesmí ale přesáhnout 660 mm, jak plyne z technického listu vstřikovacího stroje (obr. 69).



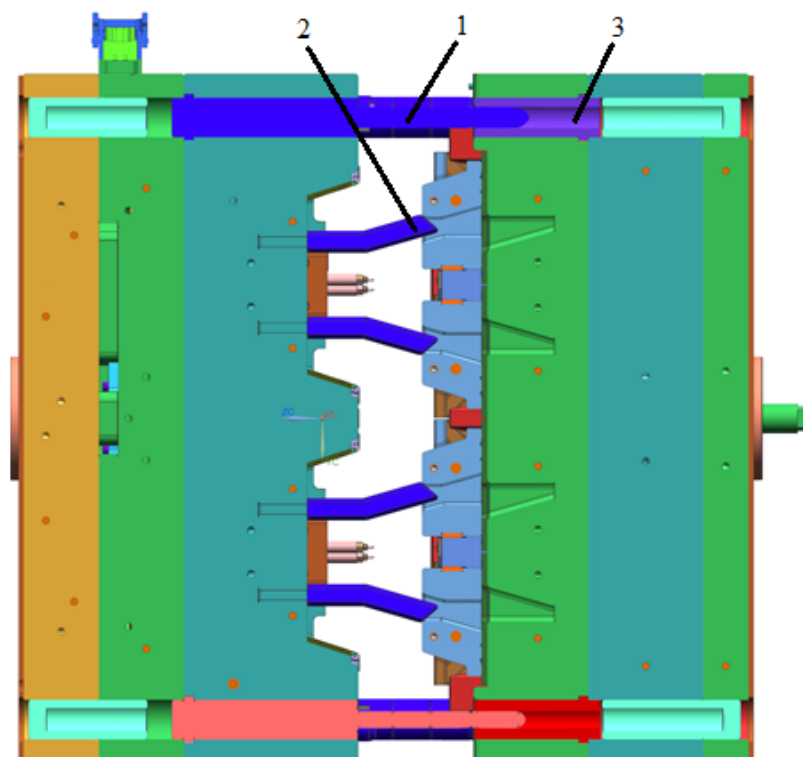
Obr. 69 – Maximální výška formy dle vstřikovacího stroje

Z rozměrů rámu určíme velikost dalších normalizovaných komponentů od firmy meusburger, jako jsou vodicí kolíky, pouzdra, středící trubky i velikost šroubů, kterými jsou desky sešroubovány. Protože jsou použity boční jádra ovládaná lomenými kolíky, je nutné vodicí sloupky navrhnout dostatečně dlouhé, aby najely ještě před lomenými kolíky, a nedošlo ke kolizi formy (obr. 70, 71).



Obr. 70 – Vedení formy 1) vodicí kolík, 2) lomený kolík

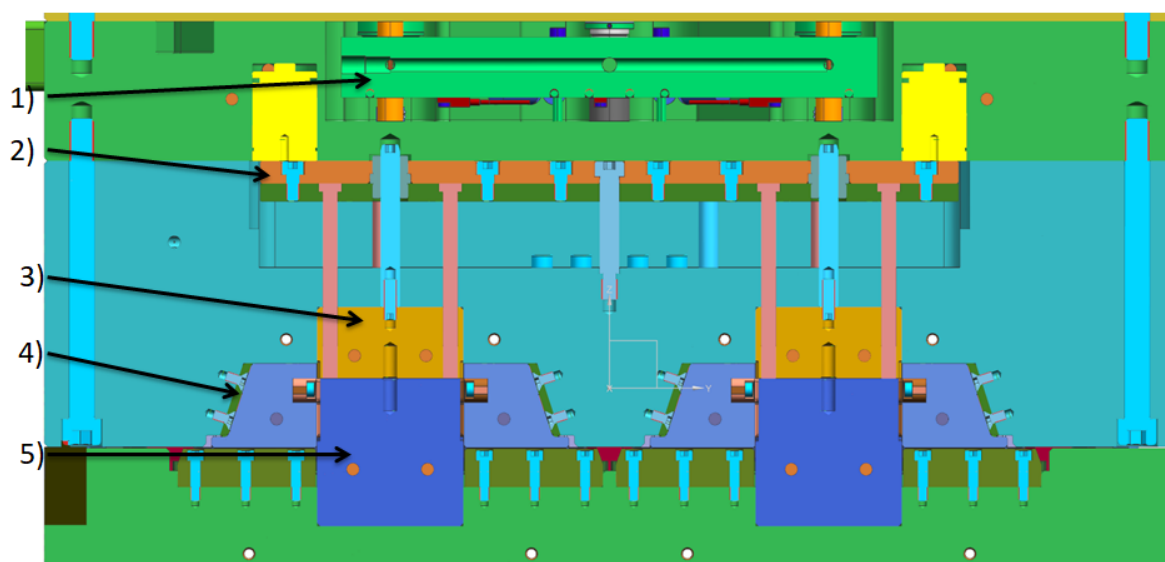




Obr. 71 – řez formou 1) vodící kolík, 2) šikmý kolík, 3) vodící pouzdro

### 6.3.1 Umístění zaformování

Zaformování bude v jedné formovací desce více zahlobeno z důvodu maximální tuhosti formy. Díky tomu budou opěrné podložky bočních jader přišroubovány přímo do formovací desky a nemusí se vyrábět opěrné kameny. (obr. 72).

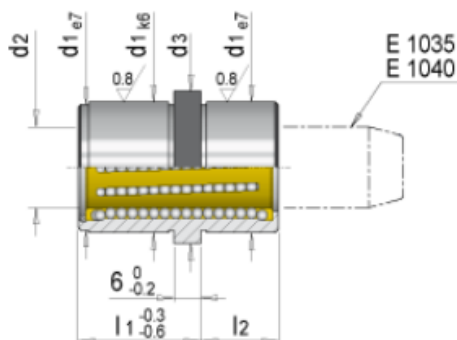


Obr. 72 – Umístění zaformování 1) horký systém, 2) vyhazovací desky vstřikovací strany, 3) formovací vložka vstřikovací strany, 4) opěrná podložka bočních jader, 5) formovací vložka vyhazovací strany



### 6.3.2 Vyhození dílu

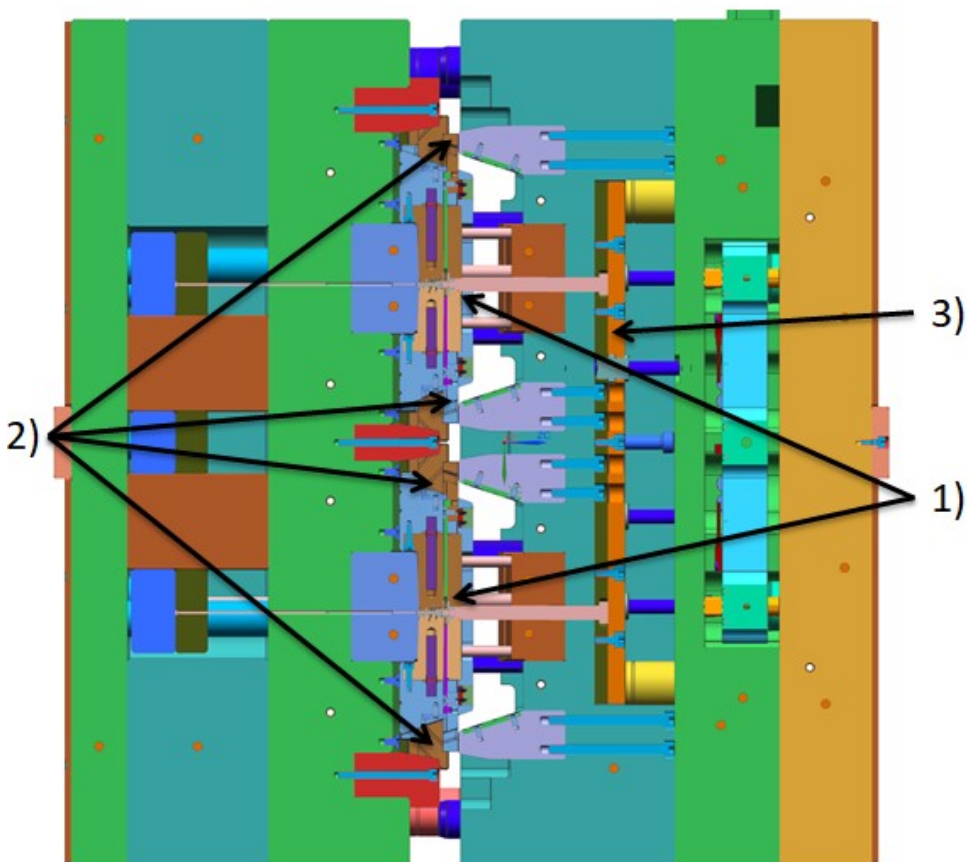
Vyhození dílu zajišťují vyhazovací desky vedené vodícími kolíky a kuličkovým pouzdem (obr. 73)



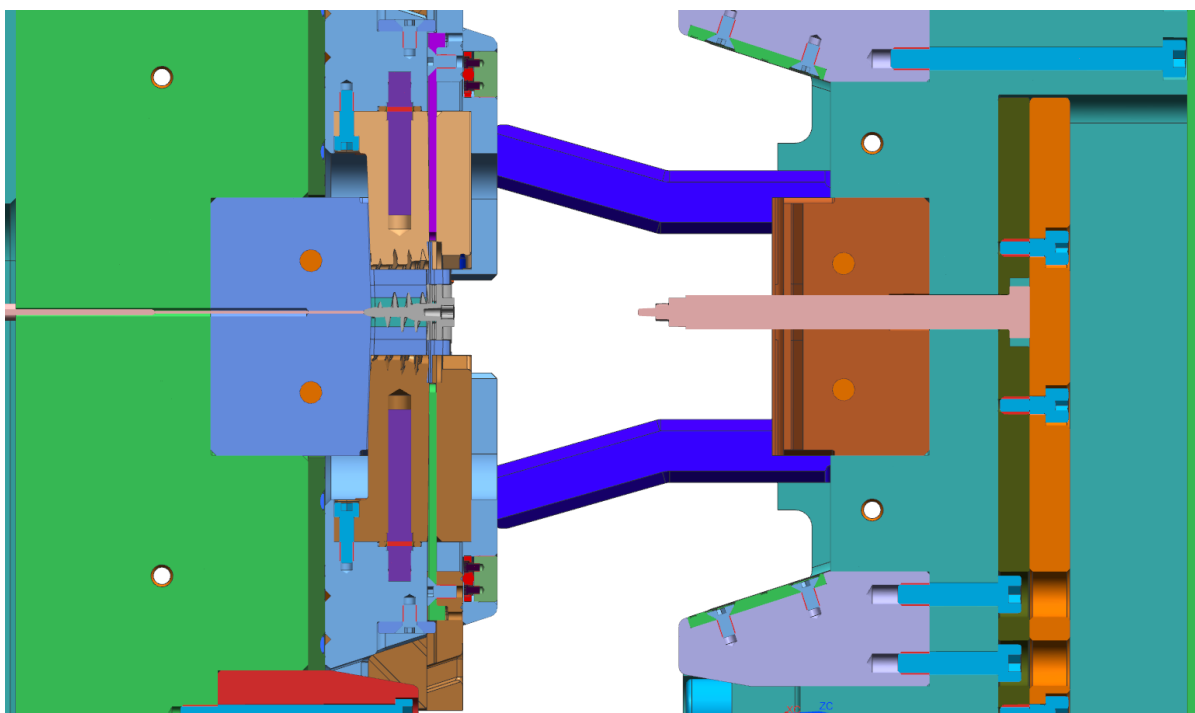
Obr. 73 – Vedení vyhazovacích desek od firmy meusbarger

Vyhozením pohybuje z vyhazovací strany vstřikovací stroj a ze vstřikovací strany pneumatické válce, které jsou pod tlakem vzduchu při vyhození. Zpět do výchozí polohy je zatlačí vratné kolíky při zavírání formy.

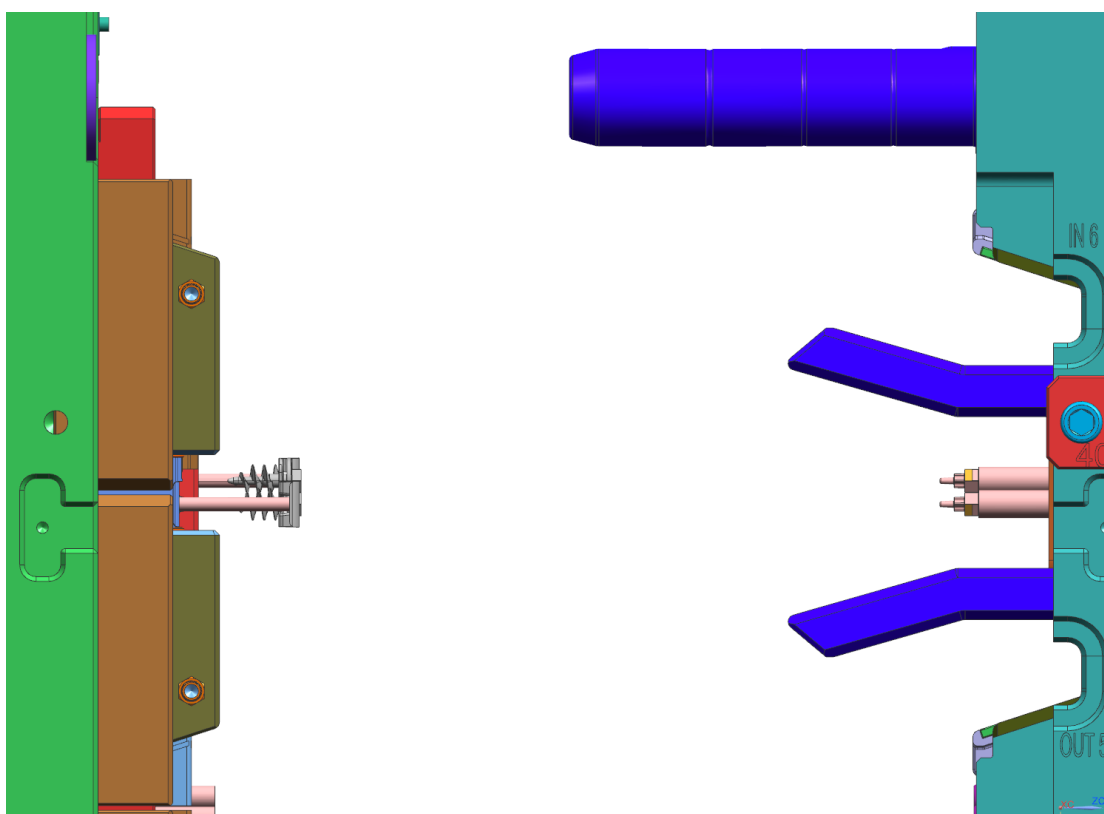
Na následujících obrázcích je postupné odformování a vyhození dílu (obr. 74, 75, 76).



Obr. 74 – Otevření formy po první fázi odformování 1) fixace dílu jádrem vstřikovací strany, 2) odformovaná boční první jádra 3) vyhazovací desky vstřikovací strany



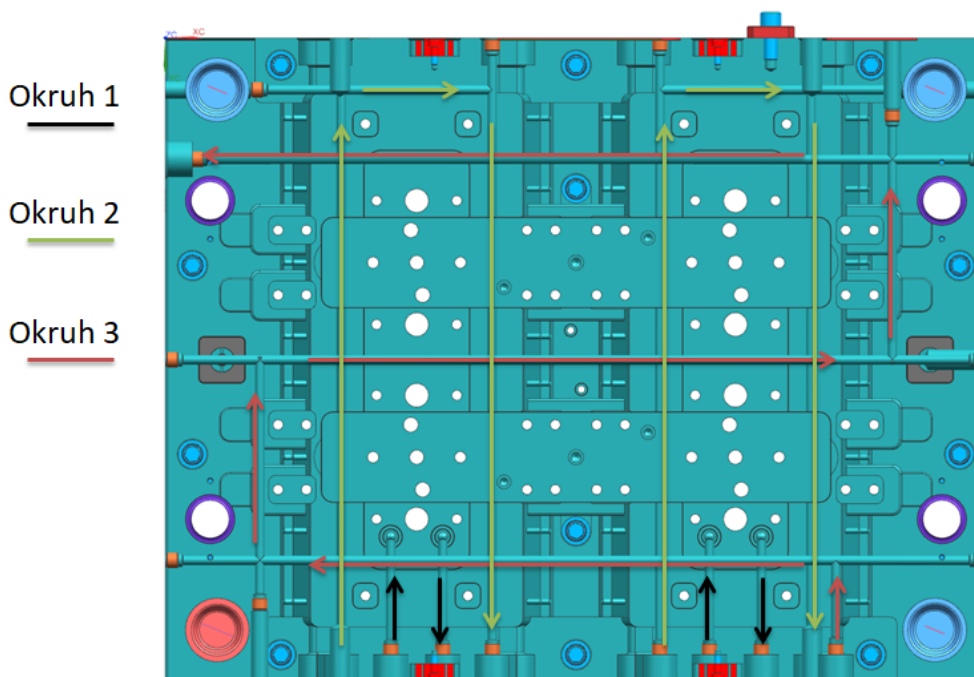
*Obr. 75 – Kompletní odformování dílů*



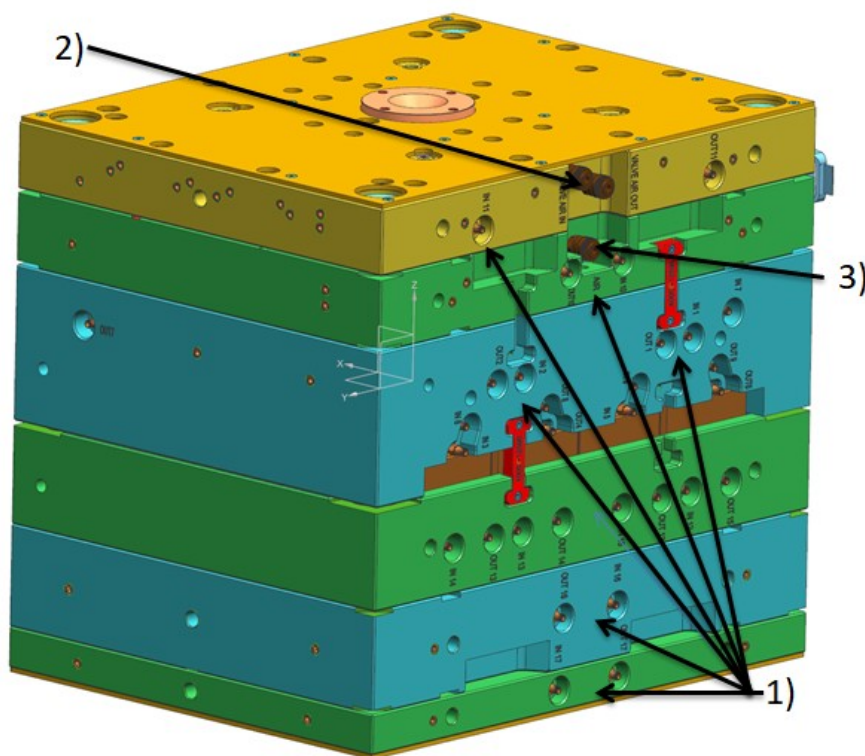
*Obr. 76 – Vyhození dílů*

### 6.3.3 Chlazení

Chlazení je ve všech deskách, aby došlo k co nejrovnoměrnějšímu zahřátí formy na vstřikovací teplotu. Nejintenzivnější chlazení je ve formovacích deskách. Každý chladicí okruh je očíslovaný a zakončený náústkem (obr. 77). Spolu s náústky na chlazení jsou na formě vyrobeny kanály pro rozvod ovládání jehel horkého systému a vyhazovacích desek (obr. 78).



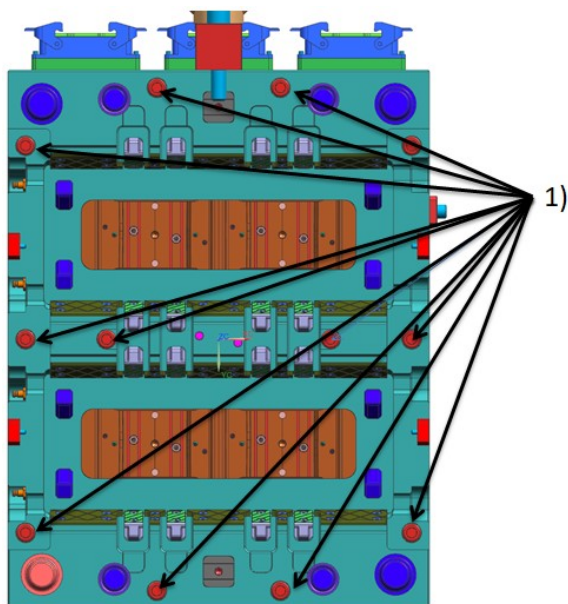
Obr. 77 – Chladicí okruhy formovací desky vstřikovací strany



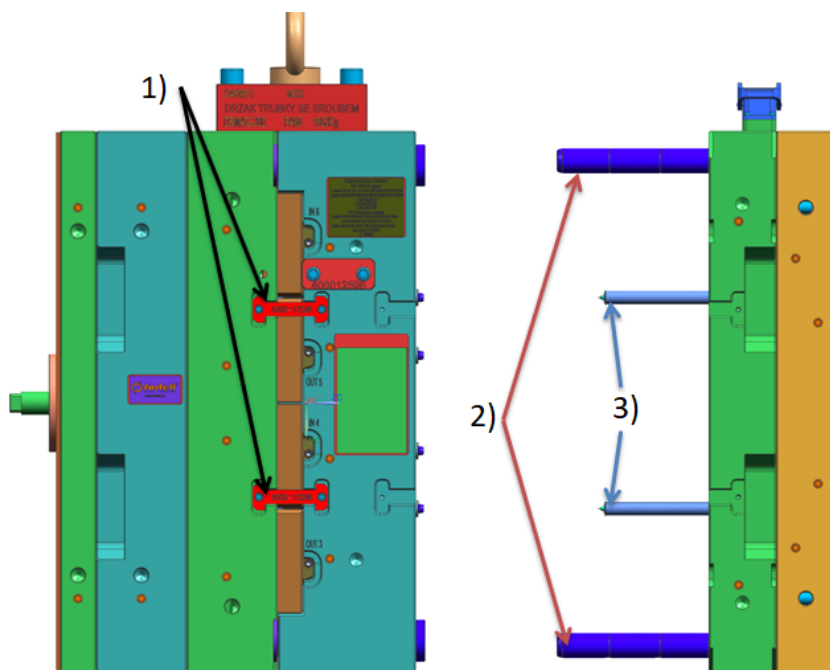
Obr. 78 – Náústky 1) chladicí okruhy, 2) ovládání jehel, 3) ovládání vyhazování desek

#### 6.3.4 Servis horkého systému

Pro co nejproduktivnější výrobu je použito servisních spojek pro horký systém. Ve výrobě dochází vlivem nečistot k ucpání trysky horkého systému. Aby forma nemusela být sundána ze vstřikovacího stroje, a tím nevznikala prodleva ve výrobě dílů, je umožněno udělat servis na vstřikovacím stroji. Pro tuto operaci je nutné mít přístup na hlavy šroubů formovací desky z dělicí roviny (obr. 79). Následně se servisními spojkami sešroubují formovací desky a otevře se vstřikovací stroj (obr. 80).



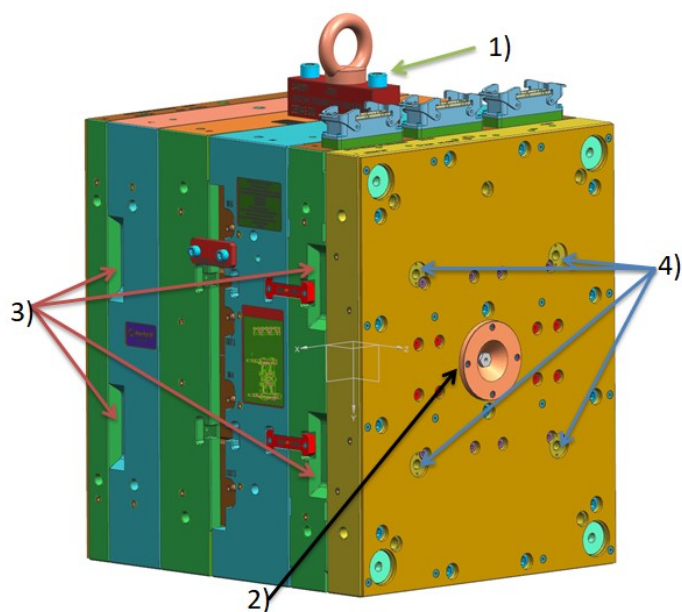
Obr. 79 – Servis horkého systému 1) demontáž šroubů



Obr. 80 – Servis horkého systému 1) spojení formovacích desek servisními spojkami, 2) vodící kolíky pro navedení horkého systému, 3) trysky horkého systému

### 6.3.5 Upnutí na vstřikovací stroj

Upnutí na vstřikovací stroj provedeme přes upínky. Pro variabilitu výroby jsou upínací desky formy osazeny systémem pro upínání na stroje Engel. Průměr středícího kroužku volíme dle upínací desky stroje 125 mm a do těžiště formy umístíme spojku dimenzovanou na váhu formy 1663 kg (obr. 81).



Obr. 81 – Upínací komponenty 1) spojka v těžišti formy, 2) středící kroužek, 3) vybrání pro upínky, 4) otvory pro upínání na stroje Engel



## 7 Technologický postup vstřikování

Vstřikovací formu upneme na vstřikovací stroj. Formu zahřejeme na teplotu 75 °C doporučenou pro materiál Zytel Mt 409 AHS. Materiál vysušíme při teplotě 80 °C a nasypeme do vstřikovací jednotky. Po zahřátí uděláme studii tečení (obr. 82), s postupným zvyšováním tlaku do požadované váhy dílu – 3 gramů.



Obr. 82 – Studie natékání 1) první výstřik, 2) finální doplněný díl

Nastavení teplot vstřikování a vstřikovací cyklus po studii natékání (tab. 6). Optimální technické parametry vstřikovacího stroje pro sériovou výrobu (tab. 7).

Tab. 6 – Teploty a časy vstřikování

ČASY									
sušení mat.					8		[hod]		
cyklus					17		[sec]		
vstřikovací čas					0,6		[sec]		
doba dotlaku					2,5		[sec]		
čas dávkování					3		[sec]		
doba chlazení					7,5		[sec]		
TEPLOTY									
sušení					80		[°C]		
vstřík. str.formy					75		[°C]		
vyhaz. str.formy					75		[°C]		
tavná komora (válec) [°C]									
tryska	zóna 1	zóna 2	zóna 3	zóna 4	zóna 5	zóna 6	zóna 7	vstup z.	
290	290	285	285	280	280	275	275	75	
horké vtoky [°C]									
zóna 1	zóna 2	zóna 3	zóna 4	zóna 5	zóna 6	zóna 7	zóna 8	zóna 9	
290	290	290	290	290	290	290	285	285	
zóna 10	zóna 11	zóna 12	zóna 13	zóna 14	zóna 15	zóna 16	zóna 17	zóna 18	
285	285	285	285	285	285				

Tab. 7 – Parametry vstřikovacího stroje

<i>průměr šneku</i>	<b>50</b>			[mm]
<i>tryska průměr /Rádus</i>	<b>5mm/R0</b>			[mm/R]
<i>jištění formy</i>	<b>4</b>			[kN]
<i>zavírací síla</i>	<b>1000</b>			[kN]
<i>otáčky šneku</i>	<b>200</b>			[mm/s]
<i>protitlak</i>	<b>50</b>			[bar]
<i>vzduchový ventil č. 2</i>	<b>4</b>			[bar]
<i>vzduchový ventil č. 3</i>	<b>5</b>			[bar]
<i>dávka/dekomprese</i>	<b>50</b>	[ccm]	<b>10</b>	[ccm]
<i>vstřikovací tlak</i>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	[bar]
<i>vstřikovací rychlost</i>	<b>80/80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	[ccm/s]
<i>profil vstřiku</i>	<b>45/40</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	[ccm]
<i>bod přepnutí</i>	<b>780</b>	[bar]	<b>26</b>	[ccm]
<i>dotlak</i>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	[bar]
<i>čas profil dotlaku</i>	<b>0,2</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>	[sec]
<i>rychlost dotlaku</i>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	[ccm/s]
<i>polštář</i>	<b>19,5</b>			[ccm]
<i>váha zálisu</i>	<b>24,1</b>			[g]
<i>váha dílu</i>	<b>24,1</b>			[g]
<i>váha vtoku</i>	<b>0</b>			[g]

## 8 Závěr

V bakalářské práci byly popsány základní zásady pro konstrukci vstřikovaných dílů, vstřikovacích forem a základní části vstřikovacího stroje.

V praktické části jsme navrhli funkční vstřikovací formu, která vyhovuje zadání. Největší problém nastal v umístění zaformování do rámu formy, jelikož rozměry zaformování neodpovídaly maximální velikosti rámu. Museli jsme zaformování zmenšit, ale dodržet maximální tuhost formy. Zaformování bylo zmenšeno tak, že boční posuvná jádra byla navrhnutá po celém obvodu formovacích vložek se čtyřmi vodícími elementy a lomené kolíky byly umístěny vedle formovacích vložek. Toto řešení již mělo rozměry vyhovující pro daný rám.

Splněny byly požadavky na cyklus jednoho zálisu, kompletní doplněný díl a funkční díl. V pozdějším provozu formy byla tenká stěna mezi díly ještě zkušebně zmenšena na 0,1mm, abychom dosáhli menších sil potřebných na oddělení dílů. To mělo za následek zvýšení vstřikovacích tlaků, které již nevyhovovaly.

V maximální možné míře byly použity normálie pro zrychlení a zlevnění výroby i pro pozdější údržby. Po cca 10000 cyklech formy v sériové výrobě se projeví výrobní nepřesnosti. Vstřikovací forma se ve vodících kolících začala zadírat. Tady se ukázala výhoda normalizovaných dílů, protože po odstranění nepřesností a nakoupení nových normálií mohla být forma umístěna zpátky do provozu již za jednu pracovní směnu. Konstrukce formy byla vytvořena v programu NX 8.5.



## 9 Seznam použitých zdrojů

- [1] fortell s. r. o. – vstřikování plastů [Online] [Citace: 12. 1. 2019.] Dostupné z: <https://www.fortell.cz>
- [2] ARaymond Jablonec s. r. o. – vstřikování plastů [Online] [Citace: 12. 1. 2019.] Dostupné z: <https://www.araymond-automotive.com/en/presence-in-the-world/araymond-czech-republic?b=/country/256/intheworld>
- [3] ZEMAN, L.: Vstřikování plastů. Teorie a praxe. GRADA PUBLISHING a. s., 2018. 464 s. ISBN 978-80-271-0614-1
- [4] BOBČÍK, L.: Formy pro zpracování plastů. I. DÍL – Vstřikování termoplastů UNIPLAST BRNO, 1999, 2. vydání, 135s.
- [5] ŘEHULKA, Z.: Konstrukce výlisku z plastů a forem pro zpracování plastů. SEKURKON, 2005. 225 s. ISBN 80-86604-18-7
- [6] LENFELD, P.: Technologie II: Část II – Zpracování plastů. [Online] Technická univerzita Liberec – Fakulta strojní, katedra strojírenské technologie [Citace: 14. 4. 2019.] Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm)
- [7] KOLOUCH J. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. SNTL Praha, 1986.
- [8] BOBEK, J.: Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů. [Online] [Citace: 13. 5. 2019.] Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [9] Synventive.: Horké systémy. [Online] [Citace: 13. 5. 2019.] Dostupné z: <https://www.synventive.com/>
- [10] LANXES Inc.: Engineering Plastic: Part and Mold Design. [Online] [Citace: 14. 4. 2019.] Dostupné z: [https://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part\\_and\\_Mold\\_Design\\_Guide.pdf?docId=77015](https://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part_and_Mold_Design_Guide.pdf?docId=77015)
- [11] Cecho – Bohumil Cempírek s. r. o. – plochý vyhazovač [Online] [Citace: 16. 5. 2019.] Dostupné z: <https://eshop.cecho.cz/produkty/b/ohp>
- [12] Meusburger. [Online] [Citace: 16. 5. 2019.] Dostupné z: <https://www.meusburger.com/>
- [12] ARBURG. [Online] [Citace: 16. 5. 2019.] Dostupné z: <https://www.arburg.com>

- [13] Materiálový list – Zytel MT409AHS BK010 [Online] [Citace: 12. 1. 2019.] Dostupné z:  
<http://www.engpolymer.co.kr/product/zytel/ZYTELMT409AHSBK010.pdf>

## Seznam obrázků

- Obr. 1 – fortel s.r.o. [1]  
Obr. 2 – ARaymond Jablonec s.r.o. [2]  
Obr. 3 – Držák trubky a šroub  
Obr. 4 – Držák trubky se šroubem  
Obr. 5 – Rozdíl mezi merem a polymerem  
Obr. 6 – Amorfni struktura termoplastu [6]  
Obr. 7 – Oblast použití amorfniho polymeru [6]  
Obr. 8 – Semikrystalická struktura termoplastu [6]  
Obr. 9 – Oblast použití amorfniho polymeru [6]  
Obr. 10 – Směry úkosů pro zachování rozměrů [4]  
Obr. 11 – Díly s pravděpodobností tvoření lunkrů a propadů, upravené díly [4]  
Obr. 12 – Přejchod rozdílné síly stěn [8]  
Obr. 13 – Způsoby odstranění propadlin v místě napojení žebra [4]  
Obr. 14 – Některé typy uspořádání žebí [4]  
Obr. 15 – Smrštění 1) dutina vstřikovací formy o teplotě 20°C, 2) dutina vstřikovací formy o teplotě 60°C, 3) Vstříknutý díl ihned po vyjmutí z dutiny formy, 4) Vstříknutý díl po 24 hodinách [6]  
Obr. 16 – Umístění dutin A) v řadě, B) v rastru, C) v kruhu [8]  
Obr. 17 – Laminární tok taveniny plastů [6]  
Obr. 18 – Rozložení vtokových soustav [6]  
Obr. 19 – Tvary vtokových kanálů a), b), c) vhodné průřezy d), e), f) nevhodné průřezy [8]  
Obr. 20 – Umístění vtokového ústí [4]  
Obr. 21 – Tunelový vtok – oddělování při otevření formy [8]  
Obr. 22 – Tunelový vtok – oddělování při otevření formy [8]  
Obr. 23 – Přidržovače vtoku a) vhodný pro většinu operací, b) vhodný pro křehké materiály, c) vhodný pro bodové vtoky [4]  
Obr. 24 – Horký vtokový systém s pneumatickým uzavíráním jehel [9]  
Obr. 25 – Odvzdušňovací kanál [8]  
Obr. 26 – Porovnání temperačních kanálů [8]  
Obr. 27 – Otevřená vstřikovací forma  
Obr. 28 – Boční jádro ovládáno šikmým kolíkem [10]  
Obr. 29 – Aretace vyhazovače [10]

Obr. 30 – Kruhový a kruhový osazený vyhazovač [10]

Obr. 31 – Odpružený vyhazovač [11]

Obr. 32 – Vzduchový ventilek [10]

Obr. 33 – Desky rámu formy: 1) upínací deska pravá, 2) opěrná deska pravá, 3) formovací deska pravá, 4) formovací deska levá, 5) opěrná deska levá, 6) rozpěrky, 7) upínací deska levá, 8) opěrná deska vyhazovací, 9) kotevní deska vyhazovací [12]

Obr. 34 – Vstřikovací stroj: 1) uzavírací jednotka, 2) řídicí systém, 3) vstřikovací jednotka, 4) rám stroje [13]

Obr. 35 – Vstřikovací jednotka [13]

Obr. 36 – Hydraulická uzavírací jednotka [13]

Obr. 37 – Upínání přes upínku [8]

Obr. 38 – Servoelektrický kloubový mechanismus elektrického vstřikovacího stroje [13]

Obr. 39 – Otočný stůl vertikálního vstřikovacího stroje [13]

Obr. 40 – Stěna mezi šroubem a držákem

Obr. 41 – Možnost korekce rozměrů odebráním materiálu

Obr. 42 – Výkres součásti

Obr. 43 – umístění vtoku

Obr. 44 – směry odformování

Obr. 45 – označené stěny jádra pro klíč

Obr. 46 – Hlavní dělicí roviny žlutá pro vstřikovací stranu a modrá pro vyhazovací stranu

Obr. 47 – Pomocné dělicí roviny ve směru vyjíždění jader: 1) fáze jedna, 2) fáze dva

Obr. 48 – Přidržení dílu a) Hlavní přidržení, b) vedlejší přidržení

Obr. 49 – úkosity ve směru odformování bočních jader

Obr. 50 – umístění vyhazovačů

Obr. 51 – Hloubka vedení vyhazovačů

Obr. 52 – Rozmístění dílu ve formovací vložce, a) umístění vtoku

Obr. 53 – Formovací vložka vyhazovací strany, a) tvarová jádra, b) manipulační závit

Obr. 54 – Formovací vložka vstřikovací strany, a) tvarová jádra, b) manipulační závit, c) popisy a datumovky, d) kolíky

Obr. 55 – Tvarová jádra a) jádro vyrobené s rozdílnými rádiusy, b) jádro vyrobené z vyhazovače

Obr. 56 – První fáze odformování a) směr pohybu jader 1-2, jádro 3 se nepohybuje, b) odformovaná jádra

Obr. 57 – Schéma prvního jádra 1) Vedení prvních jader, 2) kluzná plocha pro šikmý tahač 3) první jádro 4) aretace prvního jádra 5) šroub

Obr. 58 – Tahač prvního jádra 1) odlehčení, 2) opěrná podložka 3) dosedací kamen 4) pojistka 5) Vedení prvních jader

Obr. 59 – Odformované první jádro po rozjetí formy o 41 mm

Obr. 60 – Lomený kolík druhého jádra 1) zpoždění lomeného kolíku, 2) zdvih vyformování, 3) úhel lomeného kolíku, 4) úhel opěrné podložky

Obr. 61 – Upínací deska lisu Demag 200 [1]

Obr. 62 – Optimální rozmístění zaformování a řešení bočních jader

Obr. 63 – Výška trysky horkého systému 1) vyhazovací desky vstřikovací strany, 2) pneumatický válec

Obr. 64 – Jehlově uzavíratelný horký systém

Obr. 65 – Schéma chlazení bočních jader

Obr. 66 – Schéma chlazení formovací vložky

Obr. 67 – Odvzdušnění 1) odvzdušňovací drážky na formovacích vložkách

Obr. 68 – Odvzdušnění 1) odvzdušňovací drážky na bočních jádrech

Obr. 69 – Maximální výška formy dle vstřikovacího stroje

Obr. 70 – Vedení formy 1) vodící kolík, 2) lomený kolík

Obr. 71 – řez formou 1) vodící kolík, 2) šikmý kolík, 3) vodící pouzdro

Obr. 72 – Umístění zaformování 1) horký systém, 2) vyhazovací desky vstřikovací strany, 3) formovací vložka vstřikovací strany, 4) opěrná podložka bočních jader, 5) formovací vložka vyhazovací strany

Obr. 73 – Vedení vyhazovacích desek od firmy meusbürger

Obr. 74 – Otevření formy po první fázi odformování 1) fixace dílu jádrem vstřikovací strany, 2) doformovaná boční první jádra 3) vyhazovací desky vstřikovací strany

Obr. 75 – Kompletní odformování dílů

Obr. 76 – Vyhození dílů

Obr. 77 – Chladicí okruhy formovací desky vstřikovací strany

Obr. 78 – Náustky 1) chladicí okruhy, 2) ovládání jehel, 3) ovládání vyhazování desek

Obr. 79 – Servis horkého systému 1) demontáž šroubů

Obr. 80 – Servis horkého systému 1) spojení formovacích desek servisními spojkami, 2) vodící kolíky pro navedení horkého systému, 3) trysky horkého systému

Obr. 81 – Upínací komponenty 1) spojka v těžišti formy, 2) středící kroužek, 3) vybrání pro upínky, 4) otvory pro upínání na stroje Engel

Obr. 82 – Studie natékání 1) první výstřik, 2) finální doplněný díl

## Seznam tabulek

- Tab. 1 – Doporučené úkosy pro dodržení požadovaného povrchu [4]
- Tab. 2 – Doporučené poloměry hran a rohů [4]
- Tab. 3 – Doporučené teploty taveniny, temperace formy a teploty pro vyhození [6]
- Tab. 4 – Požadované parametry formy [13]
- Tab. 5 – Hodnoty z materiálového listu [13]
- Tab. 6 – Teploty a časy vstřikování
- Tab. 7 – Parametry vstřikovacího stroje